This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

ANNEX

1-6
2l, 334 p. tafel VI

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang.

1898.

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Mit acht Tafeln und Abbildungen im Text.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

VA

NEW YORK
221930
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
R 1901 L.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Inhalts-Verzeichniß.

	Seite
Bekanntmachung	121
Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1897/98	295
Prüfung eines Drahtseiles von 90 mm Durchmesser auf Zugfestigkeit. Vom Direktor Professor A. Martens	89
Die Flammpunktsbestimmung von hochsiedenden Erdöldestillaten. Vom Direktor Professor A. Martens und vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung, Dr. D. Holde	160
Ueber den Einfluß der Wärme, chemischen Zusammensetzung und mechanischen Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer. Vom stellvertretenden Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Professor M. Rudeloff	171
Vergleichende Betrachtungen über einige Ergebnisse von Versuchen mit Garnen und Seilen aus Hanf. Von Professor B. Kirsch in Wien („Mittheilungen des Technologischen Gewerbe-Museums“ 1898) nebst Entgegnung von Professor M Rudeloff, stellvertretendem Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung	220
Ueber die Ursachen der Abweichungen in den Festigkeitsergebnissen der Cementprüfung an verschiedenen Orten. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary	1
Prüfung der Hammerapparate, Bauart Böhme. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary	93
Normalsande. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary	121
Prüfung natürlicher Gesteine in den Betriebsjahren 1895/96 bis 1897/98. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary	243
Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher M. Gary.	
Verwendbarkeit verwitterter Gesteine zu Bauzwecken	113
Prüfung von Trottoirplatten auf Haftvermögen	117
Thon als Dichtungsmaterial	331
Die Schäfferschen Papierversuche. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg	143
Kleine Mittheilungen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.	
Zeitungsdruckpapier	87
Ausbildung im Papierprüfen	240
Hektographenpapier	242
Holzfreies Papier	294
Tauenpapier	294
Die quantitative Bestimmung des Paraffins in Destillaten des Rohpetroleums und des Braunkohlentheers. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. D. Holde und Assistenten Dr. L. Allen	97
Mikroskopische Untersuchungen an tiefgeätzten Eisenschliffen. Von Ingenieur E. Heyn	310

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. 1898. Erstes Heft.

1. Ueber die Ursachen der Abweichungen in den Festigkeits-Ergebnissen der Cementprüfung an verschiedenen Orten.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary.

Einige Beschwerden, welche im Jahre 1896 an die Versuchsanstalt gerichtet wurden und in welchen die Behauptung mehrfach wiederkehrte, die Ergebnisse der Versuche auf Festigkeit von Portland-Cementen fielen in der Versuchsanstalt ungünstiger aus, als in den beschwerdeführenden Fabriken, gaben Veranlassung, sogleich umfangreiche Versuchsreihen einzuleiten, um festzustellen, in wie weit die Art der Versuchsausführung im Stande ist, die Festigkeits-Ergebnisse zu beeinflussen. Es war mir bekannt, daß in vielen Cementfabriken die Probenanfertigung aus dem Normalmörtel 1 Cement + 3 Normalsand und die Versuchsausführung sehr verschieden und vielfach abweichend von den Normen gehandhabt wird, daher lag der Gedanke nahe, daß die Ursache der behaupteten Unterschiede in einer ganzen Reihe kleiner Abweichungen von den Normenvorschriften zu suchen sei, die sich vielleicht einzeln kaum geltend machen, in ihrer Gesammtheit aber die Ergebnisse erheblich beeinflussen.

Daß diese Beeinflussung zumeist nach oben hin eintreten, sich also als eine Begünstigung der Ergebnisse äußern mußte, wird verständlich durch das naheliegende Bestreben der Laboranten, in deren Händen in den Cementfabriken die Probenanfertigung meistens liegt, möglichst gute und möglichst gleichmäßige Ergebnisse zu erhalten.

Wie dieser Einfluß, der vielfach bestritten wurde, sich doch zuweilen geltend macht, konnte gelegentlich einer Dienstreise festgestellt werden, welche im Auftrage des vorgesetzten Herrn Ministers von den Herren Professor Martens, Baurath Eger und mir unternommen wurde, und welche Gelegenheit gab, in mehreren großen Cementfabriken und an anderen Versuchsstellen der Probenmacherei und der Prüfung von Cementkörpern beizuwohnen.

Welche Verschiedenheiten sich dabei fanden, darüber giebt die nachstehende kurze Zusammenstellung ein Bild.

In acht Cementfabriken, auf zwei Baustellen und in einer staatlichen Versuchsanstalt wurden bei der Herstellung und Prüfung von Normal-Zugproben folgende Beobachtungen gemacht: An allen Stellen, mit Ausnahme von zweien, wurden 250 g Cement und 750 g Sand zu einer Mischung — ausreichend für 5 Zug-Probekörper — verwendet. Die trockene Masse wurde aber an einer Stelle mit 6—6,5 %, an einer zweiten mit 7,3 %, an zwei anderen mit 8 %, an einer mit 8,5 %, an zwei weiteren mit 9 % und an den anderen schließlich mit 9,5 und 10 % Wasser angemacht. Nur die staatliche Versuchsanstalt

bestimmte den Wasseranspruch der Cemente von Fall zu Fall durch den Versuch. Als Normalsand wurde im Allgemeinen der Berliner Normalsand angewandt; eine Cementfabrik und eine von ihr instruirte Behörde benutzte einen anderen Sand, der höhere Festigkeiten ergiebt, eine Fabrik verwandte selbstgefertigten Normalsand aus Rheinsand und eine Fabrik selbstgefertigten, feldspathhaltigen und sehr scharfen Normalsand aus einer eigenen Grube.

Das Mischverfahren wurde fast an jeder Stelle anders und mit anderen Geräthen ausgeübt, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

Mörtelmischverfahren an 10 Versuchsstellen.

A. Trocken: 1 Minute mit Blechlöffel in Schüssel.
Naß: 5 Minuten mit den Händen geknetet.

B. Trocken: ½ Minute
Naß: 4 — 5 Minuten } mit Löffel in Schüssel.

C. Trocken: 1 Minute
Naß: 5 Minuten (nach Sanduhr) } mit Löffel in irdener Schüssel

D. Trocken: 1 Minute mit Holzspatel
Naß: 5 Minuten mit breitem eisernem Löffel } in irdener Schüssel.

E. Trocken: ½ Minute.
Naß: 5 Minuten mit eisernem Spatel in einem hohen Blechkessel mit gewölbtem Boden und Handgriff.

F. Trocken: 1 Minute
Naß: 2 Minuten } mit Eisenspatel im Blechtopf.

G. Trocken: 1 Minute
Naß: 5 Minuten (nach Sanduhr) } mit Löffel in einer Blechschüssel unter schnellem Schlagen des nassen Mörtels.

H. Trocken: 1 Minute mit Blechlöffel in Steinzeugschüssel.
Naß: 1 Minute mit Blechlöffel, 4 Minuten mit Pistill in derselben Schüssel.

J. Trocken: 1 Minute
Naß: 5 Minuten } mit Löffel in Blechschüssel

K. Trocken: 1 Minute
Naß: 4 Minuten } mit Löffel in Porzellanmörser, durch Drehen des Mörsers und heftiges Schlagen mit dem Löffel.

Das Einschlagen erfolgte zumeist mit je einem Hammerapparat, der von Hand angetrieben wurde. Nur an einer Stelle waren 3 mit einander verkuppelte Hämmer mit maschinellem Antriebe gleichzeitig in Benutzung, dort wurde auch mehr Masse auf einmal nämlich 500 Cement und 1500 Sand gemischt. In der erwähnten Versuchsanstalt waren 2 Klebesche Rammen in Benutzung.

Der Hammerapparat war in zwei Fällen auf einem gemauerten Fundament, in sechs Fällen auf einem Betonklotz fest verschraubt. Auf einer Baustelle stand er lose auf einem Mauerklotz, auf einer anderen Baustelle war er auf eine dicke Holzplatte geschraubt und stand mit dieser in einem mit Sand gefüllten Kasten.

In einer Fabrik stand der Hammer auf einem festen Holztisch, der in Folge der Schläge in so heftige Bewegung kam, daß sogar ein Beben des Fußbodens zu verspüren war.

(Alle Aufstellungsarten, die dem Hammerapparat nicht eine feste, starre Unterlage bieten, auf der er unverrückbar feststeht, sind zu verwerfen.)

Das Einschlagen wurde in den meisten Fällen in der Weise bewirkt, daß auf 150 Schläge etwa 3 Minuten Zeit verwendet wurden. Nur in zwei Fällen wurde der Hammer

so schnell in Bewegung gesetzt, als es möglich war, ohne den Hammer mit dem Daumenrade wieder aufzufangen (etwa 1½ Minute). In einer Fabrik drehte der Laborant den Hammer so, daß der Daumen des Daumenrades mit einem Schlag auf den Schwanz des Hammers auftraf und diesen dadurch höher schleuderte, als seine normale Hubhöhe bei gleitender Bewegung des Daumens gewesen wäre.

Das sind Mittel, durch welche die Festigkeit der Proben vielleicht erhöht wird, die aber vermieden werden müssen, wenn Anspruch auf vergleichbare Werthe erhoben wird.

Die Festhaltung der Formen und des Füllkastens auf der Formplatte des Hammerapparates wurde fast an jeder Stelle in anderer Weise bewirkt. Im Allgemeinen wurden hierzu je zwei abnehmbare oder umlegbare Schrauben mit Flügelmuttern bevorzugt, die hakenförmig, bolzenförmig oder bügelförmig gestaltet waren.

Mehrfach fehlten auch solche Festhaltungen gänzlich und der die Kurbel des Hammers drehende Arbeiter mußte den Füllkasten so gut als möglich mit der Hand niederhalten. In einem solchen Falle wurde in einer Fabrik beobachtet, daß sich die Form von der Formplatte abhob und daß auf diese Weise Proben entstanden, die ein bis zwei Millimeter höher waren, als sie sein sollten. Beim Nachmessen der verwendeten Formen stellte sich außerdem eine so starke Abnutzung heraus, daß der Querschnitt auch in der Breite etwa 2 mm größer war, als der normale Bruchquerschnitt sein sollte.

Mit dem so vergrößerten Querschnitt ihrer Zugproben erzielte die Fabrik naturgemäß höhere Festigkeiten als die Versuchsanstalt in Charlottenburg.

Eine eigenartige Hantirung wurde in anderen Fabriken beobachtet. Beim Einfüllen der (zumeist auf 180 g bemessenen) Mörtelmasse in die Zugform wurde nämlich der Mörtel so vertheilt, daß er im Bruchquerschnitt höher lag, als in den ausgebauchten oberen und unteren Formtheilen, in welche der Mörtel mit den Fingern fest eingedrückt wurde. —

An einigen Versuchsstellen wurden die Formen vor dem Einfüllen des Mörtels sehr stark, an anderen überhaupt nicht geölt.

Für das Abschneiden der Proben in der Form hatte fast jede Versuchsstelle wieder ihr eigenes Verfahren.

Das Ebnen der Proben erfolgte:

durch Einkerben mit dem Messer und schnelles Abstreichen mit dem senkrecht gestellten Messer ohne Glätten;
durch Abschneiden mit einem stumpfen Messer ohne Glätten;
durch Abschneiden mit einem scharfen Messer mit wenig Glätten;
durch glattes Abschneiden mit einem scharfem Messer ohne nachträgliches Glätten;
durch vorsichtiges Abschneiden und Glätten mit dem Messer, so daß die Form gewölbt voll erscheint;
durch schleifendes Abziehen mit dem Messer;
durch Abreiben mit einem Blechstück;
durch Abstreichen mit einem dicken Spatel.

Ebenso verschieden wurde das Herausnehmen der Proben aus der Form und das Absetzen gehandhabt.

Meist wurden die Proben sogleich nach dem Einschlagen aus der Form genommen, in einer Fabrik aber erst nach 12 Stunden und an zwei anderen Stellen nach 24 Stunden. Die Entfernung der Form erfolgte durch plötzliches Auseinanderziehen beider Hälften, durch Lüften der Hälften mit der Messerspitze, durch leises Anklopfen, durch leichtes Rütteln der

Form und in einem Falle durch zweimaliges, seitliches Aufstoßen der Form, wobei der Körper herauszugleiten beginnt und sich von den Formhälften leicht löst.

An einzelnen Stellen wurde das Herausnehmen gleich auf der Glasplatte, auf der dann die Probe erhärten soll, besorgt, an anderen wurden die Proben mit 2 Fingern gefaßt und vorsichtig auf die Platten abgesetzt.

Zumeist fanden Glasplatten mit Fließpapier Verwendung, in zwei Fällen Blechplatten mit Fließpapier, in einem Falle eine geölte Cementplatte, die mit einem Blechkasten bedeckt wurde und in einem eine Glasplatte ohne Fließpapier.

Der Zugfestigkeitsapparat (Hebelapparat) war nicht überall mit flach gewölbten Klauen ausgestattet. Das Schrot des Zulaufapparates war in Korngröße und Beschaffenheit sehr verschieden. Es finden feinstes Hasenschrot und grobe Rehposten von 4 — 5 mm Durchmesser Verwendung, was deshalb nicht ganz gleichgültig ist, als u. U. die Geschwindigkeit der Versuchsausführung von der Größe der Schrotkörner abhängig ist, und diese Geschwindigkeit die Festigkeit beeinflußt.

Schließlich wird auch das Abwägen des Schrotes auf den verschiedensten Apparaten vorgenommen. Die einen benutzen dazu den Hebelapparat selbst, die anderen eine Hebelwage, wieder andere eine Federwage.

Was endlich die Versuchsergebnisse selbst anbelangt, so begnügt man sich im Allgemeinen in Fabriken und auf Baustellen mit der Anstellung von 5 Versuchen in jeder Reihe.

Dabei herrscht überall das Bestreben vor, die ungünstigsten Werthe aus dieser Reihe noch auszuscheiden.

Welche Selbsttäuschungen hierdurch leicht entstehen können, beweist die Beschwerde einer Firma, welche die angeblich überraschend großen Abweichungen in den Einzelversuchen der Versuchsanstalt bemängelte und behauptete, in der Fabrik selbst kämen größere Schwankungen in den Einzelwerthen als ¼ bis ½ kg/qcm nicht vor.

Der Beweis hierfür mißlang gänzlich. Bei unserm Besuche in der Fabrik erzielte der Laborant keine größere Uebereinstimmung, als die Versuchsanstalt auch. Als größte Differenz einer Versuchsreihe von 4 Versuchen ergab sich 3,2 kg/qcm. Die beanstandeten Schwankungen zwischen den 10 Einzelwerthen der Versuchsanstalt betrugen nur 2,7 kg/qcm.

In 6 anderen Fabriken wurde als größte Differenz zwischen Maximum und Minimum gefunden:

bei	4	Versuchen	0,5	kg/qcm
„	3	„	5,0	„ „
„	10	„	4,7	„ „
„	5	„	4,5	„ „
„	5	„	3,5	„ „
„	2	„	2,0	„ „

Man sieht hieraus, daß derartige Abweichungen überall vorkommen und unvermeidlich sind, doch wird es besonderer Erwägung werth sein, wie man sie möglichst vermindert und unschädlich macht. Nicht unerwähnt soll hier bleiben, daß an sich die Bildung der Differenz zwischen höchstem und niedrigstem Versuchswerth zur Beurtheilung der Gleichmäßigkeit der Versuchsergebnisse — als zu großen Zufälligkeiten unterworfen — wissenschaftlich nicht zu billigen ist. Den richtigen Maßstab giebt allein die Bildung des mittleren oder noch besser des wahrscheinlichen Fehlers. Im vorliegenden Falle ist indessen hiervon abgesehen worden, weil zu wenig Versuche vorlagen.

An einer amtlichen Versuchsstelle hat man zur Ausscheidung der stark vom Mittel abweichenden Versuchsergebnisse bereits einen Schritt gethan. Es werden dort in jeder Reihe 12 Körper hergestellt und von diesen die Extremwerthe ausgeschlossen. Damit wird freilich die Differenz zwischen Maximum und Minimum verringert, es wird aber auch gleichzeitig in den meisten Fällen der Mittelwerth begünstigt; die Abweichungen nach unten hin pflegen erheblich größer zu sein, als die nach oben.

Gegen ein solches Verfahren, sowie gegen den Ausschluß des niedrigsten oder der beiden niedrigsten Werthe jeder Reihe von der Bildung des Mittelwerthes würde nur dann nichts einzuwenden sein, wenn diese Werthe nicht ausgelassen, sondern in die Zahlenreihe — etwa in Klammern gesetzt — mit aufgenommen werden, und wenn bei der Neubearbeitung der Normen hierauf Rücksicht genommen wird.

Wie weit der Ausschluß einzelner Werthe den Mittelwerth zu beeinflussen vermag, soll später durch eine besondere Veröffentlichung nachgewiesen werden.

Der Gesammteindruck, den wir aus den oben mitgetheilten Beobachtungen auf der Studienreise gewonnen haben, hat uns in der Ueberzeugung bestärkt, daß es hohe Zeit ist, die möglichen Fehlerquellen bei der Cementprüfung planmäßig aufzusuchen und eine bis ins Einzelne gehende Vorschrift für die einheitliche Prüfung von Portland-Cement, vielleicht im Anschluß an die neu zu bearbeitenden Normen, dem Fabrikanten und dem Cement-Verbraucher in die Hand zu geben. Auch die Fabrikanten haben ein Interesse daran, sich vor Täuschungen durch ihre Leute zu sichern.

Auf Grund dieser und ähnlicher Erwägungen sind die nachstehend aufgeführten Versuche entstanden, die indessen für die Aufstellung allgemein gültiger Gesetze bei weitem noch nicht ausreichend sind, obgleich sie etwa 7700 Einzelversuche umfassen, zu denen über 6000 Probekörper in der Versuchsanstalt angefertigt wurden. Die Versuche sind also noch nicht als abgeschlossen zu betrachten, sondern enthalten zunächst nur die wichtigsten Ermittelungen, deren Ergänzung mit der Zeit erfolgen muß.

Die Versuche zur Aufklärung der verschiedenen Möglichkeiten der Festigkeitsbeeinflussung bei der Herstellung und der Aufbewahrung von Cement-Festigkeitsproben sind nach dem nachstehend abgedruckten Arbeitsplane ausgeführt worden. In den Arbeitsplan ist zum Zwecke des leichteren Auffindens der einzelnen Kapitel die Reihenzahl der Versuche und die Seitenbezeichnung mit eingetragen worden.

Die Veröffentlichung der hieran angeschlossenen Versuche über verschiedenartige Einflüsse bei der Prüfung von Cementproben, beim Zerreißen und Zerdrücken wird später erfolgen, um diese Arbeit nicht zu umfangreich zu gestalten.

Arbeitsplan.

	Reihe	Seite
I. Mörtelmischung.		
a) Einfluß der Menge des Mörtels und der Zeitdauer des Mischens	1 — 4	6
b) Einfluß des Wasserzusatzes	5 — 8	10
c) Einfluß des Mischverfahrens		17
α) Festigkeitsbeeinflussung durch das Mischverfahren	9 — 11	17
β) Veränderung des Sandes durch das Mischverfahren	12 — 13	31
d) Einfluß des Normalsandes		33
α) Verschiedenheit in der Zusammensetzung nach der Korngröße	14 — 16	34
β) Beimengung erdiger oder organischer Bestandtheile	17 — 18	38
γ) Fundort und mineralogische Zusammensetzung		42
II. Einschlagen der Proben.		
a) Einfluß der Beschaffenheit der Formen	19	45
b) Einfluß des Oelens der Formen	20 — 21	47
c) Einfluß des Einfüllens des Mörtels in die Formen		50
α) Mörtelmenge	22	50
β) Art des Einfüllens	23 — 27	51
d) Einfluß der Schlagarbeit		56
α) Zahl der Hammerschläge	28	56
β) Geschwindigkeit der Hammerschläge	29 — 30	58
III. Entformen der Proben.		
a) Einfluß des Abschneidens und Glättens der Proben	31 — 33	61
b) Einfluß der Zeitdauer des Belassens der Proben in der Form	34 — 37	64
IV. Aufbewahren der Proben.		
a) Einfluß der Wassererneuerung	38 — 39	69
b) Einfluß von Erschütterungen	40 — 43	72
c) Einfluß des Luftzuges auf frische Proben	44	76
d) Einfluß der Wärme auf erhärtenden Cementmörtel	45 — 47	77

I. Mörtelmischung.

a. Einfluß der Menge des Mörtels und der Zeitdauer des Mischens.

Die Thatsache, daß in Fabriken und auf Baustellen zumeist nur ein Zug- oder Druckprobekörper auf einmal hergestellt wird, daß aber in der Versuchsanstalt zumeist drei bezw. fünf Körper auf den maschinell betriebenen Hammerapparaten gleichzeitig eingeformt werden [1]) und dementsprechend eine größere Mörtelmenge auf einmal angemacht werden muß, legte den Gedanken nahe, zu untersuchen, wie weit etwa die Menge des angemachten Mörtels die Wirkung des Mischens mit der Kelle beeinflußt. Dabei mußte naturgemäß auf die Zeitdauer des Mischens gebührend Rücksicht genommen und untersucht werden, ob etwa eine größere Menge Mörtel zur innigen Mischung einer längeren Zeit bedürfe, als ein kleines Mörtelquantum. Die Grenzen waren dabei der praktischen Ausführungsmöglichkeit, den bisher gemachten Erfahrungen und den üblichen Arbeitsmethoden anzupassen. Benutzt wurde das Mischverfahren mit der Mauerkelle auf dem Tisch.

[1]) Vergleiche „Mittheilungen" Heft 3, Jahrgang 1896.

Reihe 1.

a) 50 g eines normalen Portland-Cementes (Rüdersdorfer) und 150 g trockener Normalsand wurden mit 9% Wasser 1 Minute lang gemischt. Aus der Masse wurde sogleich eine Zugprobe eingeschlagen und das Verfahren 10 Mal hintereinander wiederholt.

b) 250 g desselben Cements und 750 g Normalsand wurden mit 9% Wasser
   α) 2 Minuten lang mit der Kelle gemischt, dann etwa 1 Minute mit den Händen geknetet (das früher in der Prüfungsstation für Baumaterialien übliche Mischverfahren). [1])
   β) 5 Minuten lang mit der Kelle gemischt. (Das gegenwärtig benutzte Mischverfahren) [2]). Aus der Masse wurden je 5 und dann aus einer neuen Mischung noch einmal je 5 in Summa also je 10 Zugproben gleichzeitig eingeschlagen.

c) 1000 g Cement und 3000 g Normalsand wurden mit 9% Wasser
   α) 2 Minuten lang mit der Kelle gemischt, dann etwa 1 Minute mit den Händen geknetet,
   β) 5 Minuten lang mit der Kelle gemischt.

Aus der Masse wurden je 10 Zugproben und zwar nach einander 5 und noch einmal 5 gleichzeitig eingeschlagen.

Die so hergestellten 50 Zugproben wurden bei 7 Tagen Wassererhärtung zerrissen.

Ergebniß: Die fünf Gruppen zeigten unter einander nur geringe Abweichungen in der Festigkeit. Die Gruppen cα und cβ mit 4000 g trockener Mörtelmasse blieben in der Festigkeit etwas hinter den Gruppen bα und bβ mit nur 1000 g Mörtelmasse zurück, doch war der Unterschied zu gering, um daraus ein Gesetz ableiten zu können.

Die Proben der Gruppe a standen in der Mitte zwischen denen der vier anderen Gruppen.

Auf die Mittheilung der Einzelwerthe verzichte ich aus Gründen der Raumersparniß.

Reihe 2.

Die Versuche unter b und c der Reihe 1 wurden mit demselben Cement wiederholt, aber auf Zug- und Druckproben für 7 und 28 Tage alte Körper ausgedehnt. Die Ergebnisse sind, steigend geordnet, in Tab. 1 zusammengestellt.

Ergebniß: 1. Innerhalb der Grenzen zwischen 1000 und 4000 g trockener Mörtelmasse hatte die Menge des gleichzeitig angemachten Mörtels (bei Mischung mit der Kelle auf dem Tisch) keinen Einfluß auf die Festigkeit der Probekörper.

2. Das gegenwärtig in der Versuchsanstalt ausgeübte Mischverfahren (5 Minuten mit der Kelle gemischt) liefert dieselben Mittelwerthe wie das früher übliche Verfahren (2 Minuten mit der Kelle gemischt, eine Minute mit der Hand geknetet), doch sind die

[1]) Das früher gebräuchliche Mischverfahren unter Zuhülfenahme der Hände zum Durchkneten des Mörtels ist verlassen worden, weil es sich bei dem gesteigerten Betrieb der Anstalt nicht mehr durchführen ließ. Den Gehülfen konnte nicht zugemuthet werden, täglich den Mörtel für oft mehr als hundert Probekörper mit den Händen zu bearbeiten, deshalb wird jetzt, nachdem festgestellt ist, daß die Mittelwerthe durch die Aenderung nicht beeinflußt werden, die Mischung ausschließlich mit der Kelle auf dem Tische vorgenommen.

[2]) Vergleiche „Mittheilungen" Heft 3, Jahrgang 1896.

Schwankungen zwischen den Einzelwerthen jeder Reihe — die wahrscheinlichen Fehler — nach dem neuen Mischverfahren etwas größer als nach dem alten.

Tabelle 1 (Reihe 2). **Einfluß der Menge des Mörtels und der Zeitdauer des Mischens.**

Nummer des Versuchs	1000 g Trockenmasse				4000 g Trockenmasse			
	2 Minuten mit der Kelle gemischt, 1 Minute mit der Hand geknetet		5 Minuten mit der Kelle gemischt		2 Minuten mit der Kelle gemischt, 1 Minute mit der Hand geknetet		5 Minuten mit der Kelle gemischt	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
	Zugfestigkeit in kg/qcm							
1	12,5	18,7	13,2	15,4	13,9	18,3	12,6	17,2
2	13,4	19,0	15,6	17,3	14,2	18,4	13,3	19,1
3	14,0	19,2	15,7	18,6	14,8	19,5	14,6	20,0
4	14,2	19,5	15,9	18,7	14,8	19,5	15,1	20,0
5	15,4	19,7	16,3	21,3	15,5	19,6	15,2	20,1
6	15,9	19,8	17,3	21,4	15,5	19,6	15,3	20,4
7	16,0	20,1	17,3	21,5	15,6	19,8	16,2	21,1
8	16,0	21,1	17,6	21,5	15,9	20,3	16,4	21,3
9	16,3	22,3	17,8	22,2	16,0	20,6	16,4	21,4
10	18,7	22,5	18,5	23,6	16,2	21,1	16,8	23,8
Mittel	**15,3**	**20,2**	**16,5**	**20,2**	**15,2**	**19,7**	**15,2**	**20,4**
	Druckfestigkeit in kg/qcm							
1	108,0	159,0	105,4	157,0	102,2	156,0	102,8	160,0
2	110,0	161,0	106,6	161,0	106,0	160,0	110,0	166,0
3	110,0	163,0	109,0	162,0	106,0	162,0	112,0	167,0
4	111,4	164,0	111,0	164,0	111,0	163,0	112,0	169,0
5	112,0	164,0	112,0	165,0	112,0	163,6	113,0	170,0
6	113,0	164,0	114,0	170,0	112,0	164,0	114,0	171,0
7	117,0	165,0	120,0	173,0	112,2	164,0	115,2	172,0
8	117,0	165,0	120,0	175,0	114,0	166,0	117,6	172,6
9	117,0	168,0	122,0	177,0	116,6	166,0	120,0	173,2
10	123,6	176,0	123,0	178,0	119,0	170,0	122,0	174,8
Mittel	**118,9**	**164,9**	**114,3**	**168,2**	**111,1**	**163,5**	**113,8**	**169,6**

Reihe 3 und 4.

Um festzustellen, ob sich nicht die Zeitdauer des Mischens mit der Kelle ohne Schaden für die Festigkeitsergebnisse und die Gleichmäßigkeit der Proben abkürzen läßt und wie groß überhaupt der Einfluß längeren oder kürzeren Mischens ist, wurden mit 2 anderen Cementen N und E neue Versuche angestellt.

Beide Cemente waren frisch von der Mühle eingesandt, mittelbindend und raumbeständig; sie entstammen zweien mitteldeutschen Portland-Cement-Fabriken. Die Proben wurden in der Normalmischung 1 : 3 normengemäß angefertigt und erhärteten unter Wasser.

Die Ergebnisse der Versuche der beiden Reihen sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Ergebniß: 1. Der Unterschied in den Festigkeiten der 1 Minute und der 5 Minuten gemischten Mörtelproben E und N ist gering.

2. Die 3 Minuten lang gemischten Mörtel haben durchschnittlich die besten Festigkeitswerthe geliefert. Eine Ausnahme macht die Druckfestigkeit des Cementes N.

3. Die Gleichmäßigkeit der Proben ist bei allen drei Mischzeiten nahezu die gleiche.

Tabelle 2 (Reihe 3 u. 4). Einfluß der Zeitdauer des Mischens.

Versuchsnummer	Cement N						Cement E					
	1 Minute		3 Minuten		5 Minuten		1 Minute		3 Minuten		5 Minuten	
	mit der Mauerkelle gemischt						mit der Mauerkelle gemischt					
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
	Zugfestigkeit kg/qcm 1000 g Trockenmasse											
1	11,0	16,2	12,5	17,0	11,5	17,4	12,4	14,2	11,4	15,2	11,7	15,7
2	11,7	17,7	13,2	18,3	11,8	17,5	12,7	14,4	11,7	15,5	11,9	16,5
3	11,9	18,8	14,2	19,5	12,0	17,7	13,2	14,8	11,9	17,8	12,4	17,4
4	12,2	19,1	14,3	19,5	12,4	18,0	13,4	17,1	12,1	17,9	12,4	17,8
5	12,8	19,7	14,3	20,0	12,5	18,7	13,4	17,3	12,4	18,0	12,5	17,9
6	12,8	19,8	14,5	20,5	12,9	19,5	13,5	17,4	12,4	18,7	12,7	17,9
7	13,2	20,7	14,7	21,0	12,9	19,6	13,7	18,2	13,9	19,0	12,9	18,9
8	13,2	21,0	15,0	21,2	13,6	19,7	13,8	18,7	14,2	20,2	13,7	19,7
9	13,7	21,2	15,2	21,5	14,1	20,5	14,1	18,9	14,6	20,2	14,2	20,7
10	14,4	21,5	15,2	21,5	14,5	21,1	14,7	20,1	15,5	21,5	14,4	20,7
Mittel	12,7	19,6	14,3	20,0	12,8	19,0	13,5	17,1	13,0	18,4	12,9	18,3
	Druckfestigkeit kg/qcm 4000 g Trockenmasse											
1	86,0	(130,0)[1]	(75,0)[1]	136,0	88,0	144,0	81,0	127,0	81,0	127,0	80,0	126,6
2	86,0	148,0	87,0	139,6	94,0	149,0	82,8	128,6	82,6	132,0	80,8	126,8
3	88,0	150,0	88,0	141,8	95,0	150,0	83,0	130,0	83,0	135,0	81,0	127,0
4	91,0	152,0	90,0	142,4	97,0	150,0	84,4	132,0	84,0	135,6	82,0	129,0
5	93,0	153,6	90,0	142,4	97,0	152,4	84,5	132,0	84,8	135,8	84,0	130,6
6	94,0	155,0	90,2	143,6	97,0	152,6	84,8	133,0	86,0	136,0	84,6	130,8
7	96,0	155,8	93,0	143,6	98,0	154,0	85,8	133,4	86,2	136,0	86,0	131,0
8	97,0	156,0	94,0	148,8	98,0	154,0	87,0	133,4	87,0	136,6	86,4	133,0
9	97,0	160,0	94,3	150,2	99,0	155,0	88,0	134,0	87,2	136,8	89,0	133,4
10	97,6	164,0	95,0	151,2	100,0	156,6	90,2	135,0	88,0	137,0	89,8	134,0
Mittel	92,6	154,9	91,3	148,9	96,3	151,8	85,2	131,8	85,0	134,8	84,4	130,2

Schlußfolgerungen aus Reihe 1 bis 4.

Bei der Mischung der Normenmörtel 1 : 3 mit der Mauerkelle auf dem Tische hat bei den bisher angestellten Versuchen die Mörtelmenge bis zu 4000 g die Festigkeitsergebnisse nicht beeinflußt.

Inniges Zusammenkneten des Mörtels trägt zur größeren Gleichmäßigkeit der Ergebnisse der Einzelversuche — zur Verringerung des wahrscheinlichen Fehlers — bei. Da ein solches Kneten mit der Mauerkelle kaum ausführbar ist, würde bei Aenderung der Normen zu erwägen sein, ob nicht eine Mischmaschine, welche den Mörtel knetet, ohne dabei den Sand zu zerkleinern, einzuführen ist. (Vergl. Abschnitt I c dieser Abhandlung).

Drei Minuten andauerndes Mischen mit der Mauerkelle auf dem Tische giebt gute Festigkeitswerthe. Durch längeres Mischen wurde bei den untersuchten Proben die Festigkeit etwas herabgezogen.

[1]) Unmittelbar nach dem Entformen gewogene Probe. Von der Berechnung des Mittelwerthes ausgeschlossen.

b. Einfluß des Wasserzusatzes.

Wie weiter oben bereits erwähnt wurde, herrscht in vielen Fabriken die Gepflogenheit, die Normenmörtel mit möglichst wenig Wasser anzumachen. Nach Vorschrift der Normen sollten die Mörtel aus 1 Cement + 3 Normalsand mit 10% Wasser (als Zuschlag gerechnet), also alle gleichmäßig — ohne Rücksichtnahme auf die besondere Eigenart des Cementes und dessen Wasseranspruch — angerührt werden.

Diese Bestimmung ist z. B. getroffen worden, als die Cemente sehr erheblich viel gröber gemahlen wurden als heute. Damals war ein Rückstand von 20% auf dem 900-Maschensiebe zulässig, heute giebt es kaum einen Handelscement, der auf dem 5000-Maschensiebe so viel Rückstand hinterläßt.

Cemente mit gröberem Korn gebrauchen erfahrungsmäßig mehr Wasser, um plastisch zu werden, d. h. um die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnchen völlig mit Wasser zu füllen, als Cemente mit feinem Korn. Gemischtkörnige Cemente gebrauchen bei richtigem Verhältniß der einzelnen Korngrößen am wenigsten Wasser. Da dieses Verhältniß sich wenigstens theilweise auch auf die Mischung mit Sand überträgt, ist der Grund ersichtlich, weshalb heute für die meisten Normenmörtel ein Wasserzusatz von 10% zu viel ist; sie werden damit suppig und lassen sich nicht vorschriftsmäßig mit 150 Schlägen in die Formen schlagen.

Während noch im Jahre 1885 R. Dyckerhoff[1]) konstatiren konnte, daß bei den Cementen des Handels (von 15% — 40% Rückstand auf 5000 Maschen) der Wasserzusatz nur zwischen 9,75% und 10% schwankte und nur künstlich gefeinter Cement 9,5% Wasser brauchte, hat man sich jetzt daran gewöhnt, den Wasseranspruch für jeden einzelnen Mörtel auf dem Versuchswege zu bestimmen, indem man, ausgehend von dem Wasseranspruch für syrupartige Beschaffenheit n, das Wasser für den 1 + 3 Normenmörtel aus langsam bindendem Portland-Cement nach der Formel

$$w_m = \frac{n + 3}{4}^{2)} \text{ oder } = 0{,}25\,n + 0{,}75$$

und für Mörtel aus schnell bindendem Cement nach

$$w'_m = \frac{n + 6}{4}^{2)} \text{ oder } = 0{,}25\,n + 1{,}50$$

berechnet. Da n abhängig ist von dem Undichtigkeitsgrad des Cementes im losen Haufwerk, können die so ermittelten Werthe nur Annäherungswerthe sein, wenn n nur auf dem Wege des rohen Versuches, nicht auf dem exakter Berechnung gefunden ist. Vorzuziehen wäre demnach die genaue Bestimmung des Undichtigkeitsgrades des Cementes und Bemessung der erforderlichen Wassermenge nach diesem Werthe, wie Martens vorschlägt.[3]) Aber auch auf diesem Wege ist der Wasseranspruch der Cemente nicht sicher zu ermitteln, weil für jene nicht nur die physikalische, sondern auch die chemische Beschaffenheit des Cementes maßgebend ist. Da nun von vorn herein die chemischen Eigenschaften des Cementes und seine größere oder geringere chemische Energie unbekannt sind, hat man bisher zur endgültigen Bestimmung der Wassermenge für die Festigkeitsproben sich mit einer wenig einwandsfreien Probe beholfen und hat versucht, ob bei dem berechneten Wasserzusatz nach 100 Schlägen des Hammers Wasser an der unteren oder oberen Fläche der Form austritt.

---

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten 1885. S. 61.

[2]) Vergl. Mittheilungen, Jahrg. 1896, Heft 3 S. 191.

[3]) Vergl. Mittheilungen, Jahrg. 1897, Heft 2 S. 98.

Ist dies der Fall, so hat man den Wasserzusatz als richtig angesehen, tritt schon bei weniger oder erst nach mehr Schlägen Wasser aus, so wurde der Wasserzusatz verringert bezw. vermehrt.

Die Mängel dieses Verfahrens liegen auf der Hand, denn es ist einleuchtend, daß bei einer derartigen Bestimmungsmethode die Beschaffenheit der Form (ob sie dicht oder weniger dicht auf der Formplatte aufliegt) und die Aufmerksamkeit des Beobachters eine sehr wesentliche Rolle spielen. Die Folge ist, daß zwei Beobachter an zwei verschiedenen Stellen meist zu verschiedenen Beobachtungsergebnissen kommen werden. Das ist durch Versuche erwiesen worden, welche von den Mitgliedern der Geräthe-Kommission des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten angestellt worden sind.

Die Versuche zur Ermittelung des zum Anmachen der 1 + 3 und der 1 + 1 Mörtel aus einem bestimmten Cement und Normalsand erforderlichen Wassers ergaben bei Anwendung der ganz neuen, sehr dicht schließenden Martens-Formen der Versuchsanstalt die Ergebnisse in Tab. 3. Die Tabelle giebt auch in den Gewichten der frisch mit 150 Hammerschlägen eingeschlagenen Würfel ein Maß für die Verdichtung der Proben.

Tabelle 3. **Ermittelung des erforderlichen Wassers für das Einschlagen von 1 + 3 und 1 + 1 Mörteln zu Druckproben.**

Versuchs-Reihe Nummer	Abgewogen und gemischt			Wassergehalt des Mörtels	Zahl der Schläge, nach welchen der Wasseraustritt begann				Gewichte der frisch eingeschlagenen Würfel in g		
	Cement	Normalsand	Wasser		Versuch			Mittel			
	g	g	g	%	1	2	3		1	2	3
1	700	2100	238	8½	142	144	141	142	786	789	786
2	700	2100	238	9	115	108	104	109	786	788	789
3	700	2100	238	9½	70	70	68	70	788	788	789
4	1350	1350	297	11	68	69	83	73	816	818	820
5	1350	1350	297	11½	48	50	43	47	812	816	816
6	1350	1350	297	12	45	43	39	43	811	809	812

Bei dieser Versuchsreihe machte der Hammerapparat 150 Schläge in 2½ Minuten.

Die Wasserzusätze 9 und 11 wurden für die weiter beabsichtigten Versuche geeignet befunden.

Bei den von den Kommissionsmitgliedern mit demselben Cemente ausgeführten Versuchen kam man theilweise zu anderer Auffassung. (Tab. 4.)

Tabelle 4. **Wasseranspruch von 1 + 3 und 1 + 1 Mörteln desselben Cementes ermittelt an 5 Versuchsstellen.**

Versuchsstelle	1 + 3	1 + 1
Ch	9 %	11 %
Z	9 %	11¼ %
R	9 %	11 %
A	9½ %	12 %
H	8½ %	11 %

Da vermuthet wurde, daß die Ursache der Differenzen bei der Bestimmung des Wasseranspruches in einer Verschiedenheit des verwendeten Normalsandes zu suchen war, so wurden

die Versuche mit ein und demselben Cement und ein und demselben Normalsand wiederholt, derart, daß aus der Mischung 1 + 3 je drei Würfel mit 8½, 9 resp. 9½ % Wasser und aus der Mischung 1 + 1 ebenfalls je drei Würfel mit 11, 11½ und 12 % Wasser hergestellt wurden, wobei beobachtet wurde, bei welcher Zahl der Schläge der erste Wasseraustritt am Boden der Würfelform oder zwischen Würfelform und Füllkasten sich zeigte.

Cement, Sand und Wasser hatten annähernd 18 C° Wärme. Zur Herstellung der Würfel aus Mischung 1 + 3 wurden 860 g, zur Herstellung der Würfel aus Mischung 1 + 1 900 g des fertigen Mörtels in die Form gefüllt.

Die Mörtel, bestehend aus

2100 g Normalsand + 700 g Cement + 238 bezw. 252 bezw. 266 g Wasser

und 1350 g Normalsand + 1350 g Cement + 297 bezw. 310½ bezw. 324 g Wasser

wurden gut durchgemischt.

In der Versuchsanstalt wurden die Versuche mit alten und mit neuen Formen ausgeführt. Eine Zusammenstellung aller Mittelwerthe lieferte die in Tab. 5 enthaltenen Ergebnisse.

Tabelle 5. **Zahl der Hammerschläge bis zum Wasseraustritt.**

Versuchsstelle		Mörtel 1 + 3 mit Wasser			Mörtel 1 + 1 mit Wasser		
		8½ %	9 %	9½ %	11 %	11½ %	12 %
Ch	alte Form	142	109	70	73	47	43
	neue Form	—	(86)	(57)	(56)	(39)	(31)
Z		138	106	77	92	57	39
R		203	150	100	150	100	60
A		150	127	67	150	93	60
H		135	97	74	113	77	51
Mittel		**153**	**118**	**78**	**116**	**75**	**50**

Aus Tab. 5 ist ersichtlich, welchen Einfluß die Beschaffenheit der Formen auf die Beobachtungsergebnisse hat, daß es von wesentlichem Einfluß ist, ob die Formen dicht oder weniger dicht an der Formplatte anliegen, daß aber auch unabhängig davon an verschiedenen Stellen verschieden beobachtet wird. Möglicherweise spielt die größere oder geringere Geschwindigkeit, mit der die Schläge auf einander folgen, eine gewisse Rolle.

Trotz dieser Verschiedenheiten tritt gesetzmäßig hervor, daß die bis zum Wasseraustritt erforderliche Schlagzahl sowohl beim Mörtel 1 : 3 als auch beim Mörtel 1 : 1 innerhalb der Versuchsgrenzen umgekehrt proportional ist dem Wasserzusatz. (Vergl. Fig. 1.)

Die Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchsreihen sind deshalb in methodischen Fehlern begründet, die aufzufinden wohl nie völlig gelingen wird.

Eine bessere, zuverlässigere Art der Bestimmung des Wasserzusatzes wäre deshalb um so mehr zu wünschen, als bekannt ist, daß die Höhe des Wasserzusatzes von sehr erheblichem Einfluß auf die Festigkeitsergebnisse sein kann.

Schon 1885 theilte Dr. Delbrück[1]) Versuchsreihen mit, welche beweisen, daß bei gleichen Cementsorten und bei Verwendung von 8 und 10 % Wasser die mit 8 % Wasser eingeschlagenen Proben wesentlich höhere Druckfestigkeiten erzielten, als die mit 10 % Wasser gerammten Proben.

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten 1885. S. 65.

Aehnliche Beobachtungen theilte Schott im Jahre 1886 mit.[1]) Er sprach schon damals aus: „Von einem richtigen Wasserzusatz hängt die Richtigkeit unserer Festigkeitsprüfungen ab."

Um diesen Einfluß näher zu charakterisiren, sind nachstehend einige Beispiele aufgeführt. (Reihe 5—8.)

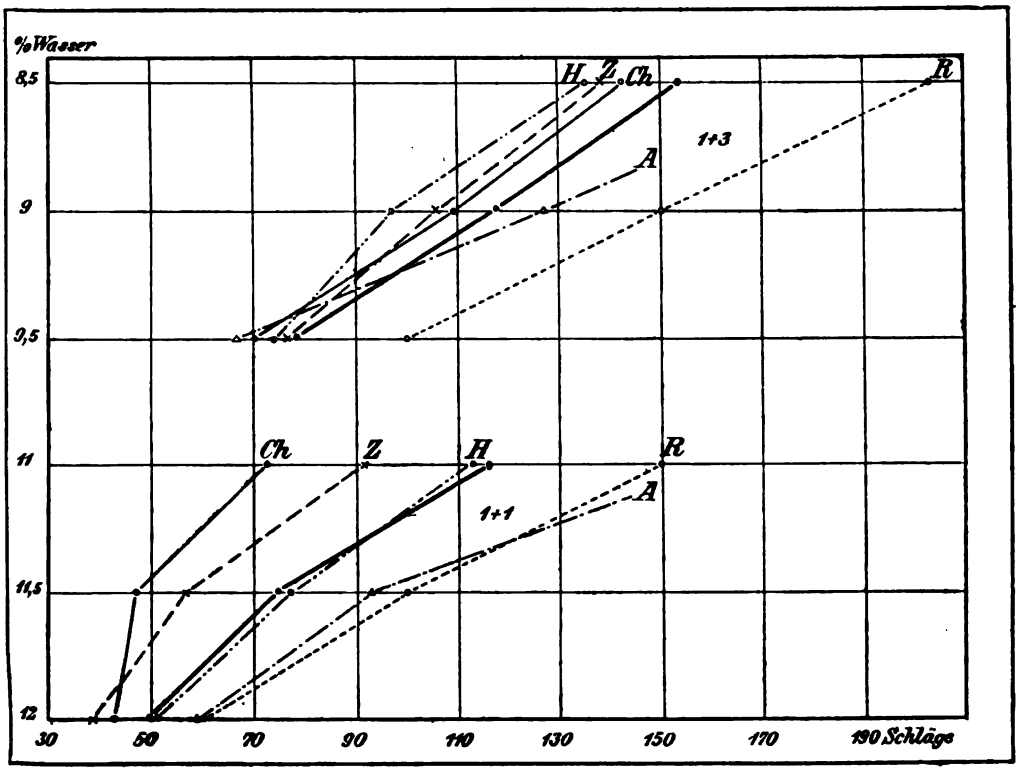


Fig. 1.

Ausgewählt sind hierzu

a) ein normaler Portland-Cement mit Mauersand,
b) ein nicht normengemäßer Cement mit Normalsand,
c) ein normaler Portland-Cement mit Normalsand.

Cemente und Sande sind in jeder Reihe in ihren Eigenschaften gekennzeichnet.

Einfluß der Menge des Anmachewassers.

Reihe 5.

Verwendet: a) Normaler Portland-Cement. Erhärtungsanfang 6 Stunden
Abbindezeit 9 „
des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,230 kg, eingerüttelt 1,838 kg,

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten 1886. S. 68.

b) **Mauersand mit Rückstand**

		Zwischen je 2 Sieben blieben:
auf 5000 Maschen	99,0 %	1,0 %
„ 900 „	90,0 „	9,0 „
„ 600 „	87,0 „	3,0 „
„ 324 „	72,0 „	15,0 „
„ 180 „	48,0 „	24,0 „
„ 120 „	40,0 „	8,0 „
„ 60 „	19,0 „	21,0 „
„ 20 „	11,0 „	8,0 „
		11,0 „

des Mauersandes Litergewicht eingelaufen 1,565 kg, eingerüttelt 1,812 kg.
„ „ Hohlräume 30 %.
Normenfestigkeit der 1 + 3 Normalsandmischung nach 28 Tagen Wassererhärtung Zug 23,4 kg/qcm, Druck 221,5 kg/qcm.

Tabelle 6 (Reihe 5). **Festigkeit von 1 Cement + 3 Mauersand.**
Mittel aus je 10 Versuchen.
Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit in feuchtem Sande.

Wasser in Prozent der trockenen Mischung	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	1 Woche	4 Wochen	13 Wochen	52 Wochen	1 Woche	4 Wochen	13 Wochen	52 Wochen
11	20,3	25,6	31,7	35,8	143	207	289	345
8,5	24,4	27,8	31,8	35,4	208	284	352	431

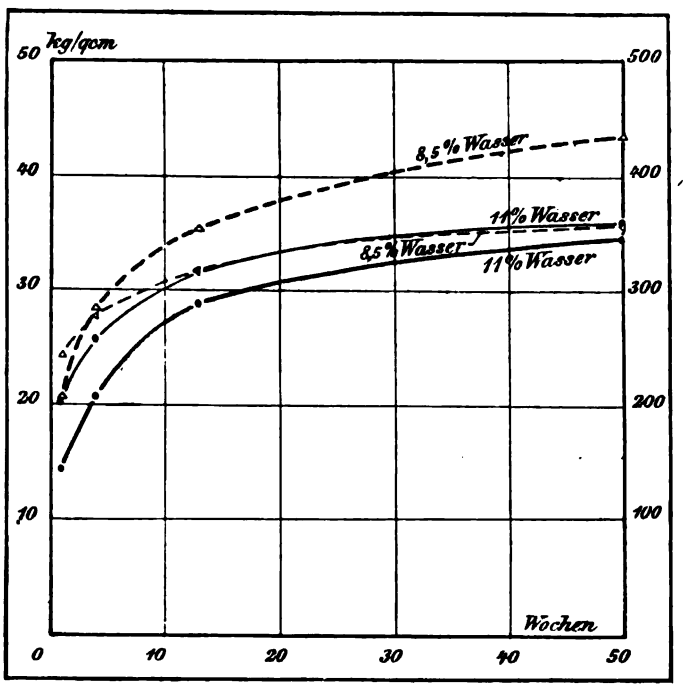


Fig. 2.

In Fig. 2 sind die Ergebnisse eingezeichnet. Die starken Linien bezeichnen die Druckfestigkeit in $^1/_{10}$ der Ordinatenhöhe, die schwachen Linien die Zugfestigkeit.

Tabelle 7 (Reihe 5).
Raumgewicht der Zugproben und Druckproben.

	Mit Wasserzusatz	
	11	8,5
r_d	2,296	2,282
r_z	2,347	2,324

Ergebniß: Der Mörtel mit geringerem Wassergehalt zeigt höhere Festigkeit. Die Zugfestigkeit der mit wenig Wasser eingeschlagenen Proben ist nur bis zu 4 Wochen Alter

der Proben höher als die Zugfestigkeit der Proben mit höherem Wassergehalt. Die Druckfestigkeit der mit wenig Wasser (8,5 %) eingeschlagenen Proben ist dagegen bis zu den Jahresproben erheblich höher als die der Proben mit 11 % Wasser.

Reihe 6.

Verwendet: a) Ein beanstandeter Cement. Erhärtungsanfang $4^1/_2$ Stunden,
Abbindezeit $8^1/_2$ „
des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,205 kg, eingerüttelt 1,910 kg.
Spez. Gewicht 2,979, Glühverlust 4,75 %.

b) Normalsand der Versuchsanstalt;
des Normalsandes Litergewicht eingelaufen 1,399 kg, eingerütttelt 1,677 kg.

Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1 : 3 = 9 %.

Tabelle 8 (Reihe 6). **Festigkeit von 1 Cement + 3 Normalsand.**
Mittel aus je 10 Versuchen.
Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.

Wasser in Prozent der trockenen Mischung	Zugfestigkeit kg/qcm			Druckfestigkeit kg/qcm		
	3 Tage	7 Tage	28 Tage	3 Tage	7 Tage	28 Tage
$9^1/_4$	8,2	10,4	14,8	62	78	110
8	9,3	10,9	15,1	67	82	119

In Fig. 3 sind die Ergebnisse eingetragen. Die starken Linien bezeichnen die Druckfestigkeit in $^1/_{10}$ der Ordinatenhöhe, die schwachen Linien die Zugfestigkeit.

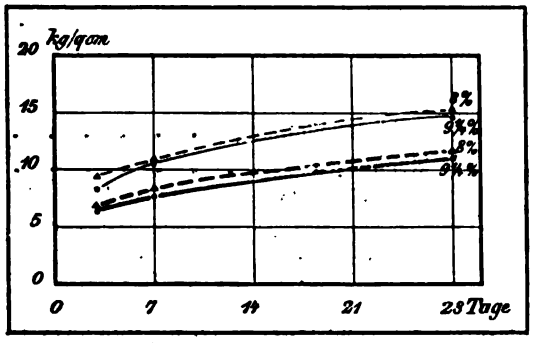


Fig. 3.

Tabelle 9 (Reihe 6).
Raumgewicht der Zugproben und Druckproben.

	Mit Wasserzusatz	
	$9^1/_4$	8
r_2	2,183	2,197
r_4	2,197	2,197

Ergebniß: Der Mörtel mit geringerem Wassergehalt zeigt höhere Festigkeit, die der niederen Festigkeit des Mörtels mit höherem Wasserzusatz mit wachsendem Alter der Proben nahezu proportional verläuft.

Reihe 7.

Verwendet: a) Normaler Portland-Cement. Erhärtungsanfang 5 Stunden,
Abbindezeit 8 „
des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,280 kg, eingerüttelt 2,077 kg.

b) Normalsand der Versuchsanstalt.
des Normalsandes Litergewicht eingelaufen 1,399 kg, eingerüttelt 1,677 kg.

Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1 : 3 = 9 %.

Tabelle 10 (Reihe 7). **Festigkeit von 1 Cement + 3 Normalsand.**
Mittel aus je 10 Versuchen.
Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.

Wasser in Prozent der trockenen Mischung	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
10	15,4	20,5	163	217
9,5	16,2	21,0	170	257
9 „	15,0	20,0	177	253

Tabelle 11 (Reihe 7). **Raumgewicht der Zugproben und Druckproben.**

	Mit Wasserzusatz		
	10	9,5	9
r_z	2,183	2,183	2,183
r_d	2,239	2,220	2,214

Ergebniß: Der Mörtel mit mittlerem Wassergehalt (9,5%) zeigt die günstigsten Festigkeitsergebnisse trotz der höheren Raumgewichte der Mörtel mit 10% Wasser. Bei höherem und bei niederem Wassergehalt nimmt die Festigkeit ab.

Reihe 8.

Verwendet zwei auf Antrag an zwei verschiedenen Stellen A und C geprüfte Cemente, und zwar ein deutscher und ein amerikanischer.

An der Versuchsstelle C gefundene Ergebnisse.

	Deutscher Cement	Amerikanischer Cement
Erhärtungsanfang	7 Stunden	4 Stunden
Abbindezeit	9½ „	7⅚ „
Der Cemente Litergewichte eingelaufen .	1,364 kg	1,268 kg
eingerüttelt .	2,064 „	2,098 „
des Normalsandes Litergewichte eingelaufen	1,390 „	1,390 „
eingerüttelt .	1,683 „	1,683 „
Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1 : 3	9,5%	8,5%

Tabelle 12 (Reihe 8). **Festigkeit von 1 Cement + 3 Normalsand.**
Mittel aus je 10 Versuchen.
Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.

Prüfungsstelle	Anmachewasser %	Zugfestigkeit in kg/qcm nach		Druckfestigkeit in kg/qcm nach	
		7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen
Deutscher Cement					
A	9,5	16,1	20,3	139,6	212,8
	9	16,7	21,1	146,0	226,2
Amerikanischer Cement					
A	9	12,3	19,2	89,4	191,8
	8,5	12,6	20,1	91,0	200,2

Prüfungs-stelle	Anmache-wasser %	Zugfestigkeit in kg/qcm nach 7 Tagen	Zugfestigkeit in kg/qcm nach 28 Tagen	Druckfestigkeit in kg/qcm nach 7 Tagen	Druckfestigkeit in kg/qcm nach 28 Tagen
Deutscher Cement					
C	9,5	17,1	21,1	131,7	190,8
	9	17,5	23,3	151,1	215,8
Amerikanischer Cement					
C	9	11,3	22,6	79,2	144,4
	8,5	12,7	22,0	84,6	156,2

Tabelle 13 (Reihe 8). **Raumgewichte der Zug- und Druckproben,** ermittelt an der Versuchsstelle C.

Cement	Wasser-zusatz %	Raumgewicht r_z	Raumgewicht r_d
Deutscher	9,5	2,274	2,203
	9	2,274	2,208
Amerikanischer	9	2,274	2,214
	8,5	2,289	2,208

Ergebniß: An beiden Versuchsstellen haben beide Mörtel mit niederem Wassergehalte höhere Festigkeiten ergeben. Die Raumgewichte sind annähernd gleich und werden vom Wasserzusatz anscheinend nicht beeinflußt.

Schlußfolgerungen aus Reihe 5 — 8.

Niedriger Wasserzusatz zum 1 + 3 Mörtel begünstigt die Festigkeit bis zu einem gewissen Grade, vermuthlich weil die Lagerung der Sandkörner an einander eine dichtere wird, doch verhalten sich nicht alle Mörtel und nicht alle Cemente gleichmäßig.

Die Festigkeitsänderung ist nicht proportional dem Raumgewichte der Probekörper, wenn sie auch vom Dichtigkeitsgrade theilweise abhängig sein mag.

Um das Gesetz der Beeinflussung der Festigkeit durch die Höhe des Wasserzusatzes festzustellen, sind sehr ausgedehnte Versuchsreihen erforderlich.

c. Einfluß des Mischverfahrens.

a. Festigkeitsbeeinflussung.

Daß die Intensität des Mischverfahrens nicht ohne Einfluß auf die Festigkeit der Normalmörtel bleiben kann, ist einleuchtend. Je stärker ein Mörtel gemischt und geknetet wird, um so besser werden sich die Cementtheilchen an die Sandkörner anschmiegen, um so inniger wird die Verbindung, um so fester der erhärtete Mörtel werden.

R. Dyckerhoff hat dies in einer Reihe von Versuchen nachgewiesen, deren Ergebnisse er der Versuchsanstalt zur Verfügung stellte.

Veranlassung zu diesen Versuchen gab ihm das Verlangen der Traßgrubenbesitzer, die zu den Meerwasserversuchen auf Sylt angewendeten Traßmörtel in anderer Weise zu mischen und zu bearbeiten, als dies für Portland-Cemente gebräuchlich ist. Die Versuche bezweckten, den Einfluß der verschieden starken Bearbeitung des Mörtels auf die Festigkeit festzustellen.

Ob das Verlangen, Traß-Kalkmörtel anders zu bearbeiten als Portland-Cementmörtel, gerechtfertigt ist oder nicht, das zu entscheiden ist hier nicht der Ort. Hier interessiren die Versuche nur in so weit, als sie darthun, welchen Einfluß verschiedenartige Bearbeitung beim Mischen nicht nur auf Traß-Kalkmörtel, sondern auch auf Portland-Cementmörtel hat.

In Tab. 14 sind die Ergebnisse zusammengestellt, welche a) mit Mörteln nach Vorschrift für die Sylter Versuche gemischt und b) mit Mörteln nach Vorschrift der Traßfabrikanten gemischt, gefunden wurden. Bei der Normalsandprobe 1 : 3 ist außerdem noch das in der Versuchsanstalt übliche Verfahren angewendet worden.

Dem Normenmörtel wurde gleichmäßig ein Wasserzusatz von 10% gegeben. Da sich herausstellte, daß der stärker bearbeitete Mörtel weicher und nasser ausfiel, wurde bei den übrigen Verfahren den stärker bearbeiteten Mörteln weniger Wasser zugesetzt, so daß bei allen 8 Versuchsreihen die Mörtel beim Einschlagen gleiche Steifheit zeigten, gleich plastisch wurden.

Damit ist allerdings der reine Einfluß der Bearbeitung der Mörtel verwischt worden, indem auch der Einfluß des geringeren Wasserzusatzes, der, wie wir gesehen haben, erheblich ist, noch hinzukam, um die Festigkeitsergebnisse zu beeinflussen.

Immerhin sind die Versuche, welche ja eigentlich anderen Zwecken dienen sollten, auch hier von Interesse.

Unmittelbar vergleichbar sind die Versuche mit den Normenmörteln. Die angewendeten Mischverfahren waren nach vorstehendem:

a) Mörtelmenge für 5 Zug- und 2 Druckproben, 5 Minuten mit dem Pistill durchgearbeitet. (Sylter Verfahren.)
b) Mörtelmenge für 2 Zugproben oder $^1/_2$ Würfel, 5 Minuten mit dem Pistill bearbeitet. (Verfahren der Traßproduzenten.)
c) Mörtelmenge für 5 Zug- und 2 Druckproben, 5 Minuten mit der Kelle durchgearbeitet. (Verfahren der Versuchsanstalt.)

Alle Mörtel wurden nach dem Zusatz des Wassers mit einem Löffel zur gleichmäßigen Vertheilung des Wassers 1 — 2 Minuten lang gemischt.

Tabelle 14. **Dyckerhoff: Versuche über den Einfluß des Mischverfahrens.**

Mischweise	Mischung in Gewichtstheilen	Wasser %	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
			7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
a	1 Cement + 3 Normalsand	10	20,2	24,7	184,5	268,3
b	desgl.	10	**23,6**	**27,6**	**209,5**	**293,5**
c	desgl.	10	20,0	24,6	181,8	259,3
a	1 Cement + 1 Sylter Sand	13	27,6	31,5	297,3	348,8
b	desgl.	11,5	**31,5**	**34,3**	**348,8**	**408,5**
a	1 Cement + 3 Sylter Sand	11	18,2	22,6	134,5	195,5
b	desgl.	10,5	**20,8**	**25,6**	**155,8**	**240,0**
a	1 Cement + $^1/_2$ Kalkhydrat + 4 Sylter Sand	11	17,9	21,6	149,0	231,8
b	desgl.	10,5	**19,8**	**23,6**	**187,3**	**280,3**
a	1 Vol. Traß + 1 Vol. Kalk + 1 Vol. Sand	23	2,6	9,1	13,0	53,8
b	desgl.	19	**5,4**	**12,6**	**29,0**	**77,8**

Die Versuche zeigen, daß die stark bearbeiteten Mörtel sämmtlich hohe Festigkeiten ergeben haben.

Will man deshalb Normalversuche ausführen, deren an beliebigen Versuchsstellen gefundene Ergebnisse unter einander vergleichbar sein sollen, so muß u. a. auch das Mischverfahren genau festgelegt werden.

In der Versuchsanstalt geschieht das Durchmischen und Anrühren des Mörtels in der Weise, daß zuerst Sand und Cement in einer Schüssel trocken gemischt, dann auf eine Marmorplatte geschüttet, mit Wasserzusatz versehen und mit einer Mauerkelle fünf Minuten innig durchgearbeitet werden. (Vergl. Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten 1896 Heft 3 S. 188.)

In vielen Cementfabriken und an anderen Versuchsstellen war nun ein anderes Verfahren üblich, nach welchem die trocken gemischte Masse mit dem Wasser in einer runden Schüssel mit einem starken Löffel kräftig durchgeknetet wurde.

Hieraus nahm die Geräthe-Kommission des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten unter Mitwirkung der Versuchsanstalt Veranlassung, beide Verfahren mit einander in Vergleich zu stellen.

Reihe 9.

Es wurden 2 mit A und B bezeichnete Cemente von einer Stelle aus an die Versuchsanstalt und 4 Kommissionsmitglieder vertheilt und mit diesen Cementen gleichzeitig Versuche auf Zugfestigkeit und auf Druckfestigkeit der Mörtel aus 1 Cement + 1 Normalsand und 1 Cement + 3 Normalsand nach Erhärtung unter Wasser bei 7 und 28 Tagen Alter ausgeführt, nachdem die Mörtel das eine Mal in der Schüssel mit dem Löffel, das andere Mal auf dem Tische mit der Kelle gemischt worden waren.

Die für das Einschlagen der Proben erforderliche Menge Wasser wurde durch die Versuchsanstalt vorher bestimmt; sie betrug für die Mischung

	1 : 1	und	1 : 3
bei Cement A	11 %	bezw.	8½ %
„ „ B	11 „	„	8¾ „

Die allgemeinen Eigenschaften der Cemente (in der Versuchsanstalt ermittelt) waren folgende:

	Cement A		Cement B	
Litergewicht eingelaufen . . .	1,340 kg		1,185 kg	
eingerüttelt	2,021 „		1,903 „	
Erhärtungsbeginn	40 Min.		2 Stund. 35 Min.	
Abbindezeit	2 Stund. 45 Min.		4 Stund. 20 Min.	
Wärmeerhöhung beim Abbinden	2 C°		1 C°	
Rückstände auf den Sieben		zwischen je 2 Sieben		zwischen je 2 Sieben
von 5000 Maschen	18 %	82,0 %	14 %	86,0 %
„ 900 „	2 „	16,0 „	2 „	12,0 „
„ 600 „	1,2 „	0,8 „	1,2 „	0,8 „
„ 324 „	0,6 „	0,6 „	0,6 „	0,6 „
„ 180 „	0,2 „	0,4 „	0,2 „	0,4 „
		0,2 „		0,2 „

Die Proben auf Raumbeständigkeit nach den Normen und die Kochproben wurden von beiden Cementen bestanden, die Glühprobe ergab bei beiden Cementen schwache Risse.

Beide Cemente sind nach Vorstehendem gleichmäßig fein gemahlen; A ist ziemlich schnell bindend, B ein normaler Langsambinder.

Bei Herstellung der Proben betrug in der Versuchsanstalt

die Wärme der Luft . . . . . 16,5 C°
„ „ des Anmachewassers . 16 C°
„ Feuchtigkeit der Luft . . . . 75 %.

In der Versuchsanstalt wurden für jede Reihe 10 Körper, an den anderen Stellen je 5—15 Körper hergestellt. Die Mittelwerthe der gefundenen Ergebnisse sind in Tab. 15 zusammengestellt und die Werthe der Versuchsanstalt unter Ch aufgeführt. Ist auch nicht allen Versuchen der gleiche Werth beizumessen und haben somit auch die an verschiedenen Stellen gefundenen Mittelwerthe verschiedenes Gewicht, so ist doch immerhin der Vergleich zulässig und die Mittelbildung aus allen Zahlen zeigt nahezu Gesetzmäßigkeit.

Ergebniß: Von den Unterschieden, welche die Mittelwerthe der einzelnen Versuchsstellen unter sich zeigen, sei hier abgesehen; sie beweisen aber, wie nothwendig es ist, das Prüfungsverfahren in allen Einzelheiten genau festzulegen.

Die Unterschiede zwischen den beiden Mischverfahren sind nach den Ergebnissen der Festigkeitsversuche gering. Meist sind bei Herstellung des Mörtels mit der Kelle, namentlich in der Mischung 1:3, etwas niedrigere Zahlen gefunden worden, als mit dem Löffel. Das könnte in der geringeren Uebung der Versuchsausführenden im Umgange mit der Kelle liegen, dagegen spricht aber der Umstand, daß auch die Versuchsanstalt mit dem Löffel höhere Werthe fand. Es ist also wahrscheinlich, daß die höheren Werthe beim Mischen mit dem Löffel eine Folge des stärkeren Knetens des Mörtels und somit innigerer Mischung sind.

Wesentliche Unterschiede in der Uebereinstimmung der Einzelwerthe beider Versuchsreihen unter einander und in der Abweichung vom Mittelwerthe wurden nicht beobachtet.

Reihe 10.

Steinbrücks Mörtelmischer.

Die großen Unterschiede in den Ergebnissen der Reihe 9 (Tab. 15), welche auf den Einfluß der verschiedenen Handhabung der Mischgeräthe an den verschiedenen Versuchsstellen zurückzuführen sind, gaben Veranlassung zur Wiederholung der Versuche unter Hinzuziehung des Steinbrückschen Mörtelmischers.

Dieser Apparat, von L. Schmelzer in Magdeburg gebaut, wurde zuerst in der Generalversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cementfabrikanten im Jahre 1896 öffentlich vorgeführt. Er ist bestimmt und scheint geeignet zu sein, die gleichmäßige Durcharbeitung des Normalmörtels von der Uebung, der Kraft und der Zuverlässigkeit des Probenmachers unabhängig zu machen; seine allgemeine Einführung würde also einen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Cementprüfung bedeuten.

Da der Apparat in seiner Detailkonstruktion voraussichtlich noch mehrfachen Aenderungen unterworfen sein wird,[1]) soll hier von seiner genauen Schilderung Abstand genommen und nur mitgetheilt werden, daß der Apparat nach Angabe des Erfinders die Nachahmung der Handmischerei ohne deren Fehler und Unzuträglichkeiten bezweckt, wie sie das Mischen

[1]) Während der Drucklegung dieser Schrift sind die Versuche zur Verbesserung des Apparates abgeschlossen worden. Die Veröffentlichung ihrer Ergebnisse wird demnächst erfolgen.

Tabelle 15 (Reihe 9). **Vergleichende Versuche mit zwei Cementen und zwei Mörtelmischungen nach zwei Mischverfahren.**

Mischung 1 : 1.

Mörtelmischung	Zugfestigkeit kg/qcm												Druckfestigkeit kg/qcm											
	nach 7 Tagen						nach 28 Tagen						nach 7 Tagen						nach 28 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen												ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel
Cement „A".																								
Löffel . .	41,8	—	40,35	35,4	—	*39,2*	41,1	34,1	37,60	39,6	34,9	*37,5*	281,4	—	—	267,2	—	*274,3*	410,9	312,2	—	390,4	328,7	*360,6*
Kelle . .	41,1	—	36,7	34,4	—	*37,4*	42,2	33,6	37,5	40,0	40,5	*38,8*	291,8	—	—	264,0	—	*277,9*	403,4	299,7	365,2	379,2	320,3	*353,6*
Cement „B".																								
Löffel . .	35,0	—	27,3	34,0	—	*32,1*	41,2	35,6	31,9	41,2	39,4	*37,9*	293,1	—	—	294,8	—	*294,0*	384,9	269,3	—	371,2	329,9	*338,8*
Kelle . .	37,1	—	28,4	34,0	—	*33,2*	40,8	33,8	32,5	39,9	38,9	*37,2*	278,7	—	—	289,4	—	*284,0*	346,2	245,5	317,1	368,0	302,3	*315,8*

Mischung 1 : 3.

Mörtelmischung	Zugfestigkeit kg/qcm												Druckfestigkeit kg/qcm											
	nach 7 Tagen						nach 28 Tagen						nach 7 Tagen						nach 28 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen												ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel
Cement „A".																								
Löffel . .	18,4	—	17,0	15,5	—	*17,0*	23,8	22,2	21,4	19,8	21,6	*21,8*	143,1	—	—	140,8	—	*142,0*	211,0	171,5	174,6	204,4	194,2	*191,1*
Kelle . .	17,8	—	16,9	14,9	—	*16,5*	20,4	18,3	20,3	19,6	23,1	*20,3*	117,2	—	—	136,0	—	*126,6*	181,9	156,1	158,3	203,8	194,2	*178,9*
Cement „B".																								
Löffel . .	18,7	—	16,4	13,7	—	*16,3*	24,1	19,9	20,6	19,1	20,3	*20,8*	130,1	—	—	143,8	—	*137,0*	183,4	182,8	141,4	202,0	181,5	*178,2*
Kelle . .	17,3	—	16,1	13,2	—	*15,5*	22,7	20,0	20,4	19,1	22,2	*20,9*	122,4	—	—	139,6	—	*131,0*	177,3	172,0	144,7	202,4	177,1	*174,7*

in der Schüssel bietet. In ähnlicher Weise wurde s. Z. der Böhmesche Hammerapparat eingeführt, um die Wirkung der Handarbeit beim Einschlagen der Probekörper durch eine bestimmte Anzahl gleichmäßig schwerer Schläge zu ersetzen und damit diese Arbeit auf ein bestimmtes Maß festzulegen.

Nach diesem vom Erfinder aufgestellten Grundgedanken sind in der Maschine die Eigenthümlichkeiten der Mörtelmischung von Hand mit der Schüssel und dem Löffel beibehalten worden. Der Erfinder wollte nach seiner Angabe das Drehen der Schüssel mit der linken Hand und das gleichzeitige Durcharbeiten des Mörtels mit der rechten, den runden Mischlöffel tragenden Hand durch die mit Kurbeldrehung bewegte Schüssel und eine beständig entgegengesetzt arbeitende Walze ersetzen. Durch die Differenz der Geschwindigkeiten des Schüsselumfanges und des Walzenumfanges soll unter gleichbleibendem Druck eine ähnliche schiebende und streichende Bewegung wie bei der Handarbeit erreicht werden. Abstreicher pflügen und lockern die zusammengedrückte Mörtelmasse immer wieder auf, so daß sie in veränderter Lage wieder unter die Walze gelangt.

Das Maß der Durcharbeitung ist somit wesentlich von der Zahl der Umdrehungen der Schüssel abhängig, die nach Vorversuchen in der Versuchsanstalt bei den Versuchen in Reihe 10 auf 50/6 festgesetzt wurde. Je sechs Kurbelumdrehungen bewirken eine vollständige Drehung der Schüssel, und es zeigte sich, daß mit 50 Drehungen der Kurbel ein Mörtel entstand, der mit normalem Wasserzusatz nach etwa 100 Schlägen des Hammers Wasser abgab, also die normale Bearbeitung aufwies, wie sie auch mit der Hand erreicht wurde.

Die wiederum von sämmtlichen Mitgliedern der Geräthe-Kommission und der Versuchsanstalt ausgeführten Versuche erstreckten sich auf einen langsambindenden Cement in Mischung 1 : 1 und 1 : 3 Normalsand und auf

a) allgemeine Eigenschaften des Cementes und des Normalsandes,

b) Zug- und Druckfestigkeit des

mit dem Löffel,
mit der Kelle,
im Mörtelmischer

vorbereiteten Mörtels nach 28 und 90 Tagen Erhärtung unter Wasser.

a) Eine Tonne langsambindenden Portland-Cementes wurde jeder Versuchsstelle übermittelt und auf allgemeine Eigenschaften geprüft.

In der Versuchsanstalt wurde festgestellt:

Litergewicht eingelaufen	1,202 kg
„ eingerüttelt	1,907 „
Erhärtungsbeginn	4 Stunden 20 Minuten
Abbindezeit	8 „ 20 „
Wärmeerhöhung beim Abbinden .	0,2 C°

Rückstände auf den Sieben		Zwischen je 2 Sieben blieben
		82,0 %
von 5000 Maschen . .	18,0 %	. . 12,0 „
„ 900 „ . .	6,0 „	. . 2,0 „
„ 600 „ . .	4,0 „	. . 2,6 „
„ 324 „ . .	1,4 „	. . 0,8 „
„ 180 „ . .	0,6 „	0,6 „

Spezifisches Gewicht 2,979. Glühverlust 5,1 %.

Die Raumbeständigkeitsprobe nach den Normen wurde bestanden. Der am 20. Juli 1896 vom Chemischen Laboratorium für Thonindustrie bezogene Normalsand hinterließ auf dem 60 Maschensiebe der Versuchsanstalt 0%, auf dem 120 Maschensiebe 6,8% Rückstand und wies 0,065% thonige Bestandtheile auf. Er wurde an allen Versuchsstellen unverändert, d. h. ohne nachgesiebt oder nachgewaschen zu werden, benutzt.

b) Für die Festigkeitsprüfungen wurde die Mischung 1:1 mit 11% Wasser, die Mischung 1:3 mit 9% Wasser angemacht.

Zu der Mischung mit dem Löffel wurden für die Zugproben je 1000 g, für die Druckproben je 4000 g Trockenmasse benutzt und in einer Zinkschüssel mit einem eisernen Löffel 5 Minuten lang zunächst trocken, dann mit dem erforderlichen Wasserzusatz tüchtig durchgearbeitet.

Zu der Mischung mit der Mauerkelle wurden dieselben Mörtelmengen nach Trockenmischung in einer Schüssel auf einer ebenen Tischplatte aufgehäuft, mit Wasser benetzt und mit der Kelle ebenfalls 5 Minuten lang bearbeitet.

Steinbrücks Mörtelmischer in der damaligen Form vermochte nur 1000 g Masse zu fassen und zu verarbeiten, auf diesem konnte deshalb nur für 5 Zugproben oder eine Druckprobe ausreichender Mörtel auf einmal hergestellt werden. 50 Kurbeldrehungen des Apparates dauerten etwa 3 Minuten. Cement und Sand wurden wie bei der Handarbeit zunächst in einer Schüssel trocken gemischt, dann angefeuchtet und schließlich in den Apparat gebracht.

Nach den drei Mischmethoden wurden für jede Reihe 15 Körper angefertigt, um die Schwankungen in den Einzelergebnissen nach Möglichkeit auszugleichen.

Bei Herstellung der Proben in der Versuchsanstalt betrug:

die Wärme der Luft	19,6 C°
„ „ des Anmachewassers	19,2 C°
„ Feuchtigkeit der Luft	68%

Die in der Versuchsanstalt ermittelten Zug- und Druckfestigkeiten sind in Tab. 16 (Reihe 10) zusammengestellt.

Ergebniß: Die Unterschiede in den Festigkeitsergebnissen nach den drei Mischverfahren sind sowohl für die Mischung 1:1 wie für 1:3 gering.

Im allgemeinen ergiebt die Herstellung mit Steinbrücks Mörtelmischer (50 Kurbeldrehungen) die höchsten Festigkeitswerthe, was namentlich nach 90 Tagen Alter der Proben deutlich hervortritt.

Die Ergebnisse der Parallelversuche, welche von den einzelnen Kommissionsmitgliedern angestellt wurden, sind in ihren Mittelwerthen in Tab. 17 enthalten.

Die Herstellung der Probekörper erfolgte im Wesentlichen an allen Stellen in derselben Weise wie in der Versuchsanstalt, nur weichen die Wärme von Luft und Wasser und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von einander ab. Diesem Umstande sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerthen der einzelnen Stellen zum Theil zuzuschreiben.

Die in der Tabelle in anderer Schrift gedruckten Durchschnittsziffern der Mittelwerthe geben indessen ein ziemlich klares Bild von den Einflüssen der Mischmethoden.

Ergebniß: Die Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren sind nicht sehr groß, namentlich herrscht zwischen der Methode der Löffelmischung und der Maschinenmischung ausreichende Uebereinstimmung.

Die Mischung mit Steinbrücks Mörtelmischer (50 Kurbeldrehungen) ergiebt die höchsten Festigkeitsziffern.

Tabelle 16 (Reihe 10). Vergleichende Versuche mit

1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Normalsand (9 % Wasser).

Zugfestigkeit kg/qcm						Druckfestigkeit kg/qcm					
28 Tage			90 Tage			28 Tage			90 Tage		
Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine
13,1	17,1	14,9	21,2	22,8	24,0	124,0	117,0	124,8	166,0	166,8	177,4
15,7	16,6	15,0	24,8	22,0	20,6	115,4	134,8	122,0	172,0	165,0	175,0
10,8	18,4	16,0	25,0	22,1	23,8	124,0	122,0	130,0	155,6	160,0	173,0
14,0	18,6	15,8	20,5	19,6	22,6	118,6	121,0	126,8	176,4	172,0	188,4
13,8	17,7	17,1	22,7	22,0	23,0	128,0	121,0	137,0	170,4	159,0	182,0
14,4	14,6	19,4	21,2	21,3	21,8	118,0	116,0	124,0	162,6	162,0	181,6
15,3	12,9	16,3	24,0	22,9	21,6	123,2	116,0	132,0	153,0	169,0	181,4
16,7	14,6	17,6	24,4	20,5	24,5	123,4	—	133,0	167,8	177,4	182,8
17,2	19,6	16,9	23,4	19,5	25,5	126,0	118,6	124,8	172,0	172,8	176,6
13,6	17,2	17,7	23,8	25,7	23,3	114,0	123,0	128,0	166,2	165,4	171,0
13,2	15,9	18,4	23,2	22,0	23,6	116,0	123,0	138,0	170,4	170,0	175,0
15,7	14,0	19,4	23,2	21,7	25,8	127,0	125,0	119,6	166,6	162,0	178,4
14,6	15,5	13,8	26,9	19,8	21,3	120,0	110,0	130,6	165,8	171,0	165,6
14,4	15,8	17,0	22,7	18,5	25,5	137,0	120,0	131,0	164,8	174,0	174,0
13,9	16,0	12,3	24,0	19,8	24,8	119,6	123,0	132,6	158,4	170,0	170,0
14,4	**16,3**	**16,5**	**23,4**	**21,3**	**23,4**	**122,3**	**120,7**	**128,9**	**161,9**	**167,8**	**176,8**

Tabelle 17 (Reihe 10). Vergleichende Versuche mit

Mittelwerthe der Mitglieder der Geräthe-Kommission

Mischung

Mörtelmischung	Zugfestigkeit kg/qcm											
	nach 28 Tagen						nach 90 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel
Löffel . . .	**38,7**	**36,7**	**36,4**	**34,2**	**38,4**	*36,9*	**37,4**	**41,3**	**43,8**	**41,1**	**47,1**	*42,1*
Kelle . . .	**37,4**	**36,1**	**37,9**	**34,5**	**38,0**	*36,8*	**42,6**	**40,2**	**42,8**	**40,4**	**45,9**	*42,4*
Mörtelmischer	**36,5**	**36,2**	**36,2**	—	**41,3**	*37,6*	**45,3**	**41,7**	**40,5**	—	**47,2**	*43,7*

Mischung

Mörtel-Mischung	Zugfestigkeit kg/qcm											
	nach 28 Tagen						nach 90 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel
Löffel . . .	**14,4**	**21,2**	**17,3**	**15,3**	**16,6**	*17,9*	**23,4**	**25,1**	**24,2**	**20,0**	**21,7**	*22,9*
Kelle . . .	**16,3**	**18,7**	**15,5**	**15,3**	**18,4**	*16,8*	**21,3**	**22,1**	**21,0**	**20,3**	**24,0**	*21,7*
Mörtelmischer	**16,5**	**19,4**	**16,0**	—	**19,4**	*17,8*	**23,4**	**23,6**	**23,1**	—	**26,1**	*24,1*

verschiedenen Mischverfahren für Cementmörtel.

1 Gew.-Thl. Cement + 1 Gew.-Thl. Normalsand (11 % Wasser).

Zugfestigkeit kg/qcm						Druckfestigkeit kg/qcm					
28 Tage			90 Tage			28 Tage			90 Tage		
Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine	Löffel	Kelle	Mörtelmischmaschine
37,0	34,1	36,8	35,9	47,0	44,5	254,0	260,0	283,0	320,6	376,0	364,0
37,9	39,5	35,7	35,7	43,0	43,5	270,0	278,0	296,0	326,0	330,0	376,0
36,4	39,3	36,2	34,5	45,0	46,0	257,0	275,0	264,4	340,0	312,0	377,0
39,7	38,0	30,8	38,4	43,0	42,0	264,0	268,0	258,0	342,0	354,0	368,0
41,6	37,4	39,7	38,4	38,0	46,0	273,0	259,0	264,2	319,0	361,0	365,0
36,6	35,5	40,6	41,3	44,0	44,0	255,0	282,0	237,0	Beschädigte Probe	350,0	358,0
40,4	37,3	41,6	34,9	37,5	46,0	272,0	285,0	258,0	347,4	330,0	382,0
33,9	41,5	34,8	41,2	44,0	47,5	262,4	263,0	286,0	332,0	351,0	344,0
35,8	36,3	40,9	35,9	48,0	46,0	245,6	283,6	272,8	348,0	360,0	362,0
39,5	40,2	35,4	32,9	38,0	48,0	245,0	272,0	297,0	343,4	342,0	372,0
39,1	36,9	35,4	37,7	46,5	43,0	274,0	269,4	251,0	344,0	357,0	379,0
39,8	32,1	38,0	42,3	42,5	47,0	235,0	278,0	268,4	348,0	350,0	371,0
46,4	37,0	36,2	41,2	38,0	48,0	253,0	270,0	260,0	336,0	378,0	378,0
38,1	39,2	36,0	34,9	44,5	42,0	251,0	264,0	296,0	331,0	334,0	364,0
38,0	36,8	29,3	40,3	39,5	46,0	270,0	255,0	293,0	352,0	365,0	372,0
38,7	**37,4**	**36,5**	**37,4**	**42,6**	**45,3**	**258,7**	**270,5**	**272,3**	**337,8**	**350,0**	**368,8**

verschiedenen Mischverfahren für Cementmörtel.

des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten.

= 1 : 1

Mörtelmischung	Druckfestigkeit kg/qcm											
	nach 28 Tagen						nach 90 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z.	R.	A.	H.	Mittel
Löffel . . .	258,7	259,0	268,1	272,6	286,7	*269,0*	337,8	332,0	343,8	362,7	362,4	*347,7*
Kelle . . .	270,5	240,0	255,6	279,2	267,7	*262,6*	350,0	278,0	327,9	371,2	336,3	*332,7*
Mörtelmischer	272,3	258,0	261,8	—	289,1	*270,3*	368,8	315,0	340,1	—	331,0	*338,7*

= 1 : 3

Mörtelmischung	Druckfestigkeit kg/qcm											
	nach 28 Tagen						nach 90 Tagen					
	ermittelt an den Versuchsstellen											
	Ch.	Z	R.	A.	H.	Mittel	Ch.	Z	R.	A.	H.	Mittel
Löffel . . .	122,3	151,0	116,7	113,0	122,8	*125,2*	161,9	191,0	146,3	171,1	164,5	*167,0*
Kelle . . .	120,7	137,0	108,0	113,4	126,0	*121,0*	167,8	178,0	146,3	166,6	168,1	*165,4*
Mörtelmischer	128,9	140,0	122,1	—	133,9	*131,2*	176,8	177,0	162,5	—	170,9	*171,8*

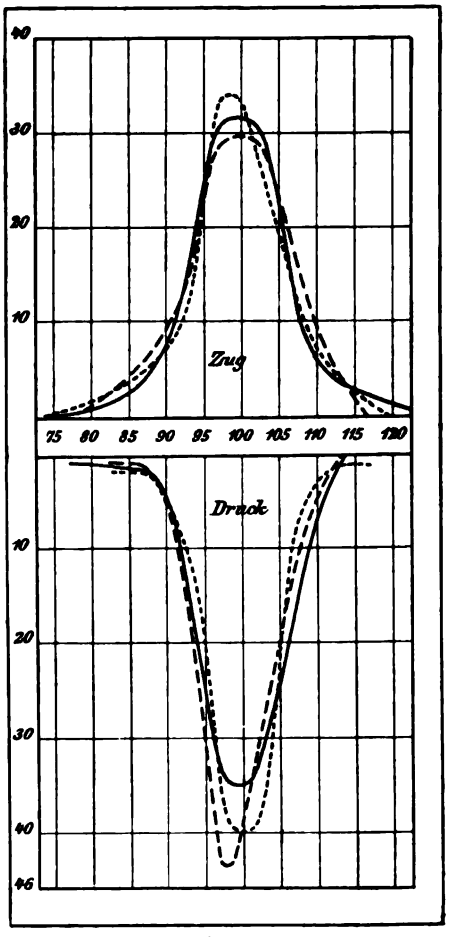


Fig. 4.

Abweichung der Einzelwerthe vom Mittel.

Um ein Bild über die größere oder geringere Zuverlässigkeit der drei Mischmethoden zu gewinnen, wurden für die 1 + 3 Mischung die Abweichungen der an den Versuchsstellen Ch, Z, R und H ermittelten 720 Einzelwerthe der Versuchsreihen vom zugehörigen Mittel berechnet und für jede Mischmethode sowie für Zug- und Druckfestigkeit getrennt gruppenweise in Tab. 18 zusammengestellt und zeichnerisch aufgetragen. Die Fig. 4 enthält die so entstandenen Häufigkeitskurven, in denen die Häufigkeit der Wiederkehr der Abweichungen, zusammengefaßt in Gruppen von je 5%, bezogen auf 100 zum Ausdruck kommt.

Die ausgezogenen Linien beziehen sich auf die Mischungen mit dem Löffel, die punktirten auf die Mischungen mit der Kelle, die gestrichelten auf die Mischungen mit dem Mörtelmischer.

Ergebniß: Die Abweichungen vom Mittelwerthe der Zug- und Druckfestigkeit sind bei den drei Mischverfahren nahezu dieselben.

Die Abweichungen sind bei den Zugproben größer als bei den Druckproben, deren Einzelwerthe dem Mittelwerthe näher liegen.

Tabelle 18 (Reihe 10). **Häufigkeit der Abweichungen vom Mittelwerth 100 der Zug- und Druckfestigkeit von Mörteln aus 1 Cement + 3 Normalsand nach 28 und 90 Tagen Alter, nach Anwendung von drei Mischverfahren.**

Summe der Versuche von vier Versuchsstellen Ch., Z., R. und H.

Mischverfahren	75—80		80—85		85 - 90		90—95		95—100		100—105		105—110		110—115		115—120		Σ aller Versuche
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	
Zugfestigkeit kg/qcm																			
Löffel . .	1	0,8	—	—	5	4,2	17	14,2	38	31,6	37	30,8	14	11,6	5	4,2	3	2,5	120
Kelle . .	1	0,8	3	2,5	7	5,8	13	10,8	41	34,1	32	26,7	15	12,5	6	5	2	1,7	120
Mischmaschine	1	0,8	2	1,7	8	6,7	16	13,3	34	29,3	34	29,3	20	16,6	1	0,8	4	3,3	120
Druckfestigkeit kg/qcm																			
Löffel . .	1	0,9	2	1,7	2	1,7	15	13	40	34,5	37	31,9	17	14,6	2	1,7	—	—	116
Kelle . .	—	—	2	1,8	2	1,8	11	9,7	45	39,5	45	39,5	7	6,3	1	0,9	1	0,9	114
Mischmaschine	—	—	1	0,9	2	1,7	16	13,8	50	43,1	34	29,3	12	10,4	1	0,9	—	—	116

Ich erwähnte schon, daß die Zahl der Umdrehungen des Mörtelmischers den Grad der Bearbeitung des Mörtels beeinflussen muß. Daß hiermit auch eine Rückwirkung auf das Festigkeitsergebniß stattfindet, ist selbstverständlich.

Späteren Versuchsreihen mit der vervollkommneten Maschine muß es vorbehalten bleiben, den Grad dieses Einflusses genauer festzustellen und die Umdrehungszahl zu ermitteln, welche der bisherigen Bearbeitungsart am besten entspricht, damit nicht mit der Aenderung des Mischverfahrens die Möglichkeit des Vergleiches mit früher gefundenen Zahlen verloren geht.

So weit bis jetzt fest steht, bewirkten, wie bereits erwähnt, 50 Kurbeldrehungen der zu den Versuchen benutzten Maschine die gewünschte gleichmäßige Mischung, ohne daß damit eine zu starke Verdichtung des Mörtels schon in der Mischmaschine herbeigeführt wurde, die dem Einschlagen des Mörtels in die Formen vorbehalten bleiben soll.

Nach den bis jetzt an verschiedenen Orten angestellten Versuchen schreitet die Festigkeit mit der erhöhten Bearbeitung des Mörtels in der Mischmaschine gesetzmäßig fort, wie in Fig. 5 zeichnerisch dargestellt ist.

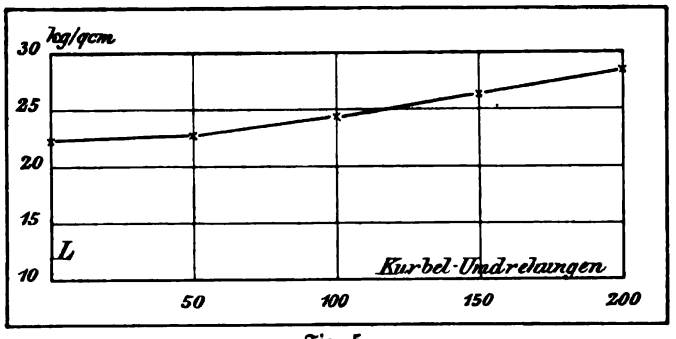


Fig. 5.

Die Festigkeit des mit dem Löffel gemischten Mörtels ist der Festigkeit des Mörtels nach 50 Umdrehungen der Kurbel annähernd gleich.

Der vermehrten Zahl der Umdrehungen proportional schreitet die Zug-Festigkeit des Normenmörtels nach 28 Tagen fort, wenigstens bis zu 200 Umdrehungen der Kurbel. Wann die Grenze der Festigkeitssteigerung erreicht wird, muß durch spätere Versuche festgestellt werden, wie auch noch zu ermitteln ist, ob die Druckfestigkeit in derselben Weise wie die Zugfestigkeit beeinflußt wird und ob sich alle Cemente gegen den Einfluß der Mischarbeit gleichmäßig verhalten.

Reihe 11.

Mischtrommel.

Als die Frage des Ersatzes der Handmischerei durch maschinelle Mörtelmischung zur Prüfung gelangte, wurde der Versuchsanstalt seitens der Stuttgarter Cementfabrik eine Mischtrommel zur Verfügung gestellt, die in der genannten Fabrik schon seit längerer Zeit für das Mischen der Normenmörtel benutzt wurde und die in Fig. 6 abgebildet ist.

Sie ist sowohl für Maschinen- als auch für Handbetrieb eingerichtet und besteht aus einer eisernen, innen glatten, mit etwa 18 kg eisernen Kugeln gefüllten Trommel, an deren Umfang ein Deckel abnehmbar ist, der sich durch einen Rost (in der Abbildung rechts unten) ersetzen läßt. Der Rost dient dazu, bei der Entleerung die Kugeln zurück zu halten.

Die Stuttgarter Cementfabrik nimmt zu einer Trommelfüllung das Material für echs Zugproben und drei Würfel, doch ist man nicht an diese Menge gebunden.

Das Mischen geschieht zunächst mit 10 bis 12 Umdrehungen (40 bis 50 Drehungen in der Minute) trocken, dann wird das erforderliche Wasser durch das in der Trommelachse eingeleitete Füllrohr zugegeben und die Trommel weiter 135 bis 140 mal gedreht, so daß die ganze Mischung 150 Umdrehungen (etwa 3 Minuten) beansprucht. Ein Ausschalter gestattet die Zahl der Umdrehungen von 200 abwärts genau festzulegen.

Zum Entleeren wird der Deckel abgenommen, der Rost aufgeschraubt und die Trommel hin und her bewegt, damit der Mörtel heraus und in einen untergestellten Blechkasten fällt, der in der Figur nicht mit abgebildet ist.

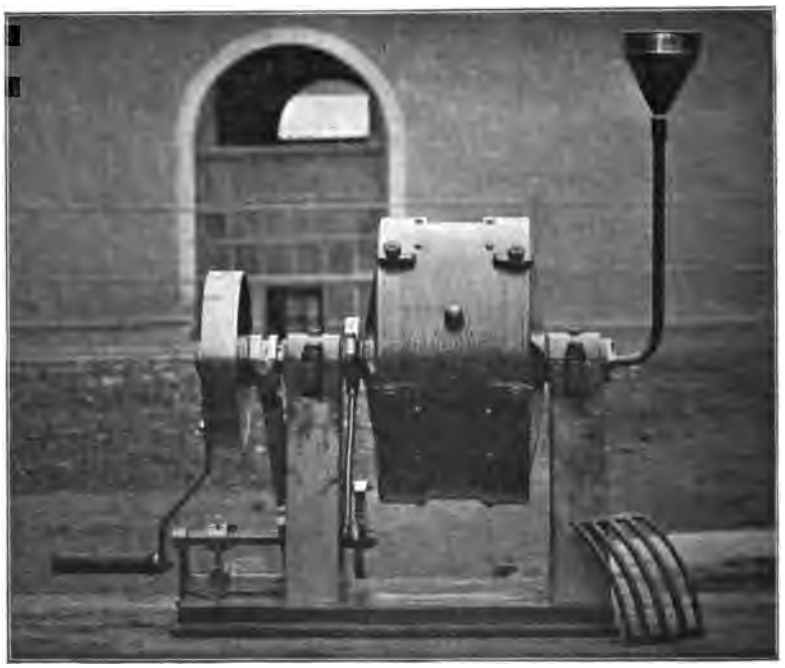


Fig. 6.

Mit diesem Apparat wurde eine Reihe von Versuchen angestellt, bei denen die Mischtrommel mit Steinbrücks Mörtelmischer und mit drei verschiedenen Arten der Handmischung in Vergleich gestellt wurde, wie weiter unten näher beschrieben.

Verwendet wurden

a) Normaler Portland-Cement: Erhärtungsanfang 5 Stunden 10 Minuten,
Abbindezeit . . 8 „ 30 „

Des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,285 kg, eingerüttelt 1,932 kg.

Des Cementes Rückstand auf			Zwischen je 2 Sieben
5000	Maschen	28 %	72 %
900	„	8 „	20 „
600	„	4 „	4 „
324	„	2 „	2 „
180	„	0 „	2 „

b) Normalſand (wie in Reihe 10).

c) Rheinſand:

Rückſtand auf			Zwiſchen je 2 Sieben
5000	Maſchen	99 %	1 %
900	„	95 „	4 „
600	„	83 „	12 „
324	„	71 „	12 „
240	„	65 „	6 „
180	„	52 „	13 „
120	„	45 „	7 „
60	„	27 „	18 „
20	„	13 „	14 „
9	„	3 „	10 „
4	„	0 „	3 „

Hergeſtellt wurden Miſchungen aus

1	Gewichtstheil	Cement	+	1	Gewichtstheil	Normalſand	(11 %	Waſſer)
1	„	„	+	3	„	„	(9,5 „	„)
1	„	„	+	1	„	Rheinſand	(12 „	„)
1	„	„	+	3	„	„	(9,5 „	„)

Für jede Reihe gelangten je 15 Zug- und 15 Druckproben zur Prüfung.

Die angewendeten Miſchverfahren waren folgende:

I. Miſchen mit dem Löffel in der Schale.

Sand und Cement wurden zunächſt in einer Schüſſel mit Holzſpatel trocken gleichmäßig gemiſcht. Nach Zuſatz des Waſſers wurde der Mörtel 5 Minuten lang mit dem Löffel bearbeitet.

II. Miſchen des Cementes mit naſſem Sand mit dem Löffel in der Schale.

Der Sand wurde mit dem vierten Theil des insgeſammt erforderlichen Waſſerzuſatzes gleichmäßig angefeuchtet und dann dieſem feuchten Sande der Cement zugeſetzt. Nach hierauf erfolgtem 2 Minuten langem Miſchen wurde die ganze übrige Waſſermenge zugegeben und der Mörtel noch 3 Minuten lang mit dem Löffel gerührt.

III. Miſchen mit der Kelle auf dem Tiſche.

Sand und Cement wurden zunächſt in einer Schüſſel mit Holzſpatel trocken gemiſcht, dann auf dem Tiſche kegelförmig aufgehäuft, an der Spitze mit einer Vertiefung verſehen und nun das abgewogene Waſſer auf einmal zugegeben. Die Miſchung erfolgte, indem die Maſſe mit der flachen Kante der Mauerkelle mehrfach durchſchnitten, aufgehäuft, wieder durchſchnitten und auseinandergedrückt, nochmals aufgehäuft und in dieſer Weiſe 5 Minuten lang behandelt wurde.

IV. Miſchen mit Steinbrücks Mörtelmiſcher.

Sand und Cement wurden zunächſt in einer Schüſſel mit Holzſpatel trocken und nach Zuſatz des Waſſers noch ſo lange naß gemiſcht, bis die Maſſe annähernd gleichmäßig feucht war. Darauf wurde der feuchte Mörtel noch unter Anwendung von 150 Kurbeldrehungen (25 Drehungen des Tellers) in der Maſchine bearbeitet.

V. Mischen in der Kugeltrommel.

Sand und Cement wurden trocken in die Mischtrommel gebracht, in welcher sich elf Kugeln von etwa 10 kg Gesammtgewicht befanden, und zunächst durch 15 Umdrehungen trocken gemischt. Nach Zugabe des Wassers wurde dann die Masse unter Anwendung von 135 Umdrehungen weiter bearbeitet.

Bei den Mischverfahren I bis IV fanden gleichmäßig für Zug- sowie für Druckproben je 1 kg trockene Mörtelmasse Anwendung, während in der Mischtrommel nach V für Zug und Druck 3 kg der 1 + 1 Mischung und 3,2 kg der 1 + 3 Mischung verwendet wurden.

Das Einschlagen der Körper erfolgte normengemäß, ihre Prüfung nach 28 und 90 Tagen Wassererhärtung.

Die Mittelwerthe der Versuche sind in Tab. 19 übersichtlich zusammengestellt.

Vorweg sei bemerkt, daß sich bei Anwendung der Kugeltrommel als wesentliche Mängel die Schwierigkeit völliger Entleerung und gründlicher Reinigung herausgestellt haben. Auf die Veränderung, die der Mörtel beim Mischen in der Kugeltrommel erleidet, wird weiter unten näher eingegangen werden.

Tabelle 19 (Reihe 11). **Vergleichende Versuche mit verschiedenen Mischverfahren für zwei Cementmörtel aus Normalsand und aus Rheinsand.**

Mittelwerthe aus je 15 Versuchen.

Mörtelmischung	Zugfestigkeit kg/qcm							
	nach 28 Tagen				nach 90 Tagen			
	Normalsand		Rheinsand		Normalsand		Rheinsand	
	1:1	1:3	1:1	1:3	1:1	1:3	1:1	1:3
Mit dem Löffel in der Schale (trockener Sand)	23,4	12,5	*27,3*	*23,4*	30,3	17,4	*33,9*	*28,1*
Mit dem Löffel in der Schale (nasser Sand)	22,6	14,0	*30,1*	*23,0*	30,8	18,9	*37,9*	*30,5*
Mit der Kelle auf dem Tische	21,1	11,8	*28,7*	*24,6*	30,8	17,7	*33,0*	*30,6*
Mit Steinbrücks Mörtelmischer	24,5	14,2	*30,0*	*26,8*	33,8	20,9	*38,3*	*34,0*
In der Kugeltrommel	22,4	13,7	*30,8*	*25,2*	30,2	23,2	*37,9*	*32,5*
	Druckfestigkeit kg/qcm							
Mit dem Löffel in der Schale (trockener Sand)	233,7	117,7	*293,1*	*228,8*	328,2	170,5	*401,0*	*313,9*
Mit dem Löffel in der Schale (nasser Sand)	238,0	116,6	*316,3*	*221,8*	335,5	169,5	*435,5*	*304,1*
Mit der Kelle auf dem Tische	229,2	110,0	*311,6*	*212,2*	329,0	152,8	*417,0*	*269,9*
Mit Steinbrücks Mörtelmischer	251,8	119,0	*390,0*	*263,0*	359,4	177,4	*488,4*	*356,2*
In der Kugeltrommel	220,1	118,4	*344,5*	*228,1*	311,8	178,1	*454,4*	*317,6*

Ergebniß: Die höchsten Zug- und Druckfestigkeiten unter den fünf Mischverfahren hat sowohl bei Verwendung von Rheinsand als auch von Normalsand Steinbrücks Mörtelmischer mit 150 Kurbeldrehungen (25 Schüsseldrehungen) geliefert.

Die übrigen Mischverfahren weichen in Bezug auf die Festigkeitsergebnisse nur wenig von einander ab, und so, daß keine Gesetzmäßigkeit erkennbar ist.

Insbesondere hat sich kein wesentlicher Unterschied zwischen der Verarbeitung trockenen und nassen Sandes herausgestellt.

Den Normalsandmörteln nach 28 Tagen Erhärtung ist die Löffelmischung günstiger als die Kellenmischung, nach 90 Tagen Erhärtung gleichen sich diese Unterschiede indessen aus.

Für die Rheinsandmörtel sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren größer als für die Normalsandmörtel.

Den Ergebnissen der Löffelmischung mit trockenem Sande laufen die Ergebnisse der Mischung mit Steinbrücks Apparat nahezu parallel.

β. Veränderung des Sandes durch das Mischverfahren.

Wenn ermittelt werden soll, in wie weit verschiedene Mörtelmischverfahren mit einander übereinstimmen, muß neben der Festigkeit, welche die verschieden gemischten Mörtel erlangen, auch der Grad ihrer Aenderungen in sich, die etwa in Folge des Mischverfahrens eintreten, beobachtet werden.

Je stärker ein Mörtel bearbeitet wird, um so größer ist die Gefahr der Zerkleinerung seiner Theilchen. Diese Gefahr kommt für die an sich schon sehr fein zerkleinerten Cementtheilchen wahrscheinlich weniger in Betracht als für die gröberen Sandkörner, die der Zertrümmerung in höherem Grade ausgesetzt sind. Es läßt sich denken, daß bei genügend energischer Bearbeitung des Mörtels die Zerkleinerung des Sandes soweit getrieben werden kann, daß der Mörtel seinen Charakter völlig ändert. Festigkeitsbeeinflussungen müssen dann die Folge sein.

Diese Erwägungen veranlaßten mich, den Grad der Zerkleinerung des Sandes nach Anwendung verschiedener Mörtelmischverfahren durch Versuche festzustellen.

Reihe 12.

Ein Mörtel aus 1 Gewichtstheil Cement und 3 Gewichtstheilen Normalsand, der auf dem 120 Maschensiebe sorgfältig nachgesiebt worden war, um etwa vorhandene feinste, nicht hinein gehörige Theile zu entfernen, wurde nach fünf Verfahren je in drei Abschnitten gemischt, wie vorn auf S. 29 u. 30 beschrieben wurde.

Aus jeder frisch gemischten Menge wurde eine Probe von 200 g entnommen und zunächst mit Wasser möglichst gut geschlämmt.

Die noch etwa zurückgebliebenen Cementtheilchen wurden mit Salzsäure zersetzt, die abgeschiedene Kieselsäure durch weiteres Abschlämmen bzw. Auflösen in Sodalösung entfernt, der Rückstand ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Durch darauf folgende Absiebung auf dem 120 Maschensiebe wurde die Menge des beim Mischen zerkleinerten Normalsandes bestimmt.

Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind in Tab. 20 zusammengestellt.

Tabelle 20 (Reihe 12). **Zerkleinerung des Normalsandes bei 5 verschiedenen Mischverfahren.**

Misch-verfahren	Mit dem Löffel in der Schale (trockener Sand)		Mit dem Löffel in der Schale (nasser Sand)		Mit der Kelle auf dem Tisch		Mit Steinbrücks Mörtelmischer		Mit der Kugeltrommel	
Versuchs-Nummer	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %
1	136,8	0,9	138,5	0,0	137,3	2,5	135,0	3,9	134,2	22,7
2	139,1	0,2	137,7	0,0	138,0	4,7	134,4	3,4	131,3	23,8
3	138,3	0,2	137,3	0,1	138,9	3,6	135,7	5,4	130,1	22,8
Mittel	138,1	0,4	137,8	0,0	138,1	3,6	135,0	4,2	131,9	23,1

6,1% des in der Kugeltrommel gemischten Sandes passirte nach der Isolirung das Sieb von 600 Maschen auf 1 qcm.

Ergebniß: Das Mischen mit dem Löffel zerkleinert den Normalsand nur in sehr geringem Maße; die Zerkleinerung wird fast Null, wenn der Sand feucht ist.

Mit der Kelle und mit dem Mörtelmischer wird der Normalsand nahezu gleichmäßig, für das praktische Ergebniß unwesentlich, zerkleinert.

In der Kugeltrommel findet eine bedeutende Zerkleinerung des Normalsandes bis zu beinahe $^1/_4$ seiner Menge statt.

Reihe 13.

In derselben Weise, wie unter Reihe 11 geschildert, wurden nach den auf S. 29 u. 30 geschilderten Mischverfahren I. III. IV. und V. (also mit Hinweglassung des feuchten Sandes) gemischte Mörtel aus 1 Cement und 1 Normalsand sowie 1 Cement und 3 Normalsand zur Prüfung auf zerkleinerten Sand benutzt.

Der Sand wurde diesmal im Anlieferungszustande verwendet und enthielt bereits 6,8 % feinste Theile, die das 120 Maschensieb passirten, also bei Beurtheilung der in Tab. 21 zusammengestellten Ergebnisse in Abrechnung zu bringen sind.

Tabelle 21 (Reihe 13). **Zerkleinerung des Normalsandes bei 4 verschiedenen Mischverfahren.**

Mischverfahren	Mit dem Löffel in der Schale		Mit der Kelle auf dem Tisch		Mit Steinbrücks Mörtelmischer		Mit der Kugeltrommel	
Versuchs-Nummer	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %	Gewicht des Sandes g	120 Maschensieb passirten %
1 Cement : 1 Normalsand								
1	90,9	10,1	90,6	12,5	90,5	11,8	87,4	33,3
2	90,5	11,4	91,2	10,2	90,0	12,2	91,5	26,2
Mittel	90,7	10,8	90,9	11,4	90,3	12,0	89,5	29,8
1 Cement : 3 Normalsand								
1	139,0	10,8	139,5	10,3	138,1	10,5	134,7	26,1
2	138,3	12,1	139,6	8,1	140,0	8,3	130,0	28,9
Mittel	138,7	11,5	139,5	9,2	139,1	9,4	132,4	27,5

Ergebniß: Die Fettigkeit des Mörtels ist auf die Sandzerkleinerung durch das Mischverfahren nur von geringem Einfluß; der Sand wird in der Mischung 1:3 nahezu in demselben Maße zerkleinert, wie in der Mischung 1 : 1.

Die Zerkleinerung ist nahezu gleich und praktisch unwesentlich beim Mischen mit Löffel, Kelle und Mörtelmischer.

In der Kugeltrommel findet eine bedeutende Zerkleinerung des Normalsandes von etwa $^1/_4$ seiner Menge statt.

Zu erwähnen ist noch, daß auch Dr. Goslich Versuche über die Zerkleinerung des Normalsandes anstellte und ermittelte, daß die anfangs befürchtete Zerreibung des Normalsandes mit Steinbrücks Mörtelmischer nicht stattfindet. Goslich mischte 750 g Normalsand, der auf dem Normalsiebe von 120 Maschen sorgfältig abgesiebt war, mit 250 g Cement und 90 g Wasser. Der so erhaltene Mörtel enthält rechnungsmäßig 68,8 % Sand.

Nach Bearbeitung des Mörtels auf der Maschine bei 50, 100 und 150 Kurbeldrehungen wurde durch Auswaschen auf dem 120 Maschensiebe, Trocknen und Wägen der zurückgebliebene Sand auf 68,3 bezw. 68,8 bezw. 69,1% bestimmt.

Das angewendete Verfahren ist zwar kein völlig genaues, bestätigt aber immerhin die Beobachtungen der Versuchsanstalt.

Schlußfolgerungen aus Reihe 9—13.

Die Mischverfahren mit Löffel, mit Kelle und mit Steinbrücks Mörtelmischer sind nahezu gleichwerthig.

Die Mischung mit dem Löffel und die mit dem Mörtelmischer (50 Kurbeldrehungen) giebt gute Uebereinstimmung in Festigkeit und Zusammensetzung des Mörtels.

Hat sich somit Steinbrücks Mörtelmischer als ein brauchbarer Mischapparat gezeigt, so ist dagegen die Kugeltrommel für Normenproben wegen der Aenderung des Mörtels nicht anwendbar.

Ihre Verwendbarkeit auf der Baustelle wird damit nicht berührt, dort ist sie im Gegentheil wegen der Festigkeitserhöhung der in ihr gemischten Mörtel sehr am Platze.

d. Einfluß des Normalsandes.

Der Einfluß, den die Beschaffenheit des Normalsandes auf die Ergebnisse der Festigkeitsversuche auszuüben vermag, ist von um so größerer Bedeutung, als der Normalsand die Grundlage der gesammten Normenprüfung bildet und als mögliche Verschiebungen in seinen Eigenschaften die Richtigkeit der gefundenen Ergebnisse stets in Zweifel zu stellen vermögen.

Bereits früher habe ich erwähnt[1]), daß Zweifel darüber bestanden, ob der gegenwärtig aus dem Handel bezogene preußische Normalsand noch dieselben Eigenschaften besitzt, wie der Normalsand aus früheren Jahren. Die darauf hin angestellten Versuche haben ergeben, daß allerdings Unterschiede — wenn auch nur geringe — vorhanden waren. Das gab Veranlassung, Mittel und Wege für dauernd gleichmäßige Beschaffenheit und Lieferung des Normalsandes zu suchen.

Weitere Veranlassung hierzu gab der Umstand, daß der damals aus der Grube Schiffmühle bei Freienwalde bezogene Rohsand in sich erhebliche Verschiedenheiten aufwies und daß — wahrscheinlich in Folge dieses Umstandes — der in verschiedenen Lieferungen aus dem Handel bezogene Normalsand im Jahre 1896 theilweise ganz wesentliche Abweichungen in seinen Eigenschaften zeigte.

Die Versuchsanstalt stellte zwei Lieferungen von Normalsand gegen einander in Vergleich und zwar: A Normalsand, bezogen im Februar 1896 und
B „ „ „ Juli 1896
vom Chemischen Laboratorium für Thonindustrie, Berlin.

Die Prüfung ergab für	Sand A	Sand B
Zu feine Körner, welche das 120 Maschensieb passirten . .	23,6%	6,8%
Thonige Bestandtheile	0,09 „	0,07 „

Die angegebenen Ziffern sind Mittelwerthe aus je drei bezw. zwei Versuchen.

[1]) Vergleichende Untersuchungen mit preußischem Normalsande von Freienwalde. Mittheilungen Jahrg. 1896. Seite 103.

Trotz der erheblichen Menge von zu feinem Korn im Sand A hat die Prüfung des Normenmörtels auf Zugfestigkeit nach 7 Tagen keinen wesentlichen Unterschied ergeben, vielleicht, weil der Unterschied in der Größe der feinsten Körner im Normalsande, die eben noch auf dem 120-Maschensieb liegen bleiben und der zu feinen Körner, welche das 120-Maschensieb passiren, kein sehr großer ist.

Mit einem normalen Portland-Cement und 9% Wasser normenmäßig eingeschlagen ergab der Mörtel mit

	Sand A	Sand B
Mittleres Gewicht der Proben g	157	157
Zugfestigkeit kg/qcm	14,09	14,06

Zu etwas anderen Ergebnissen gelangte Schott.[1])

Er fand mit normengemäß hergestellten Proben unter Verwendung normalen Portland-Cementes mit 8% Wasser und Sanden aus verschiedenen Lieferungen nach 28 Tagen Erhärtung im Mittel aus 5 bis 10 Versuchen die folgenden Zug- und Druckfestigkeiten.

	Zugfestigkeit kg/qcm nach 28 Tagen Erhärtung	Druckfestigkeit kg/qcm nach 28 Tagen Erhärtung
Berliner Normalsand bezogen Frühjahr 1896	18,2	—
" " " im Juli 1896	18,3	188,8
" " " am 9. Dez. 1896	19,7	199,2
" " " im Oktober 1896 von Dr. Goslich . .	20,9	206,4
Normalsand, hergestellt in Heidelberg aus Rohsand der Grube Hammerthal . . .	22,3	194,0
Normalsand wie oben mit 24% zu feinen Körnern	25,4	220,0

Schott schließt aus diesen Versuchen, daß der handelsübliche Normalsand im Laufe des Jahres 1896 immer besser geworden sei.

Jedenfalls beweisen die Versuche, daß auf eine dauernd gleichmäßige Beschaffenheit des Normalsandes das größte Gewicht zu legen ist, auch wenn der Einfluß geringer Abweichungen nur gering sein sollte.

Die möglichen Abweichungen können im Wesentlichen von dreierlei Art sein:

α) Verschiedenheit in der Zusammensetzung nach der Korngröße;

β) Beimengung erdiger oder organischer Bestandtheile;

γ) Fundort und mineralogische Zusammensetzung.

So weit die bisher auf Grund von Versuchen gesammelten Erfahrungen ausreichen, sollen die Wirkungen der möglichen Einflüsse nachstehend im Einzelnen besprochen werden, wobei gleich im Voraus bemerkt sein mag, daß auch in dieser Frage das vorliegende Material keineswegs als erschöpfend angesehen wird, sondern daß weitere Versuche in Aussicht zu nehmen und theilweise bereits in Ausführung begriffen sind.

α. Verschiedenheit in der Zusammensetzung nach der Korngröße.

Daß Sande von verschiedener Korngröße und Sande, in denen große und kleine Körner in verschiedenem Verhältniß zu einander gemischt sind, als Mörtel verarbeitet verschiedene Festigkeiten geben müssen, ist bekannt und erklärt sich ohne Weiteres aus der Möglichkeit

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1897. S. 49.

der größeren oder geringeren Dichtigkeit der Lagerung der einzelnen Sandkörner an einander.[1])

Der Vertreter der Obercasseler Gesellschaft für Cementstein-Fabrikation, H. Hüser, führte in der Generalversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1897 bei Gelegenheit der Besprechung der Mischungsverhältnisse für Betonmassen an:

„Im Allgemeinen ist für Cementmörtel der Sand um so werthvoller, je gröber und zugleich ungleichmäßiger (in der Korngröße) er ist. Bei gleichmäßig grobem Korn werden große Mengen des Cementes zu Füllmaterial und bleiben als Bindematerial werthlos."

„Gleichmäßig feiner Sand ist noch ungeeigneter zur Cementmörtel-Bereitung als gleichmäßig grober, er bedarf zur Zusammenkittung zu einer Steinmasse noch größerer Mengen Cement; denn jedes Sandkorn muß an seiner ganzen Oberfläche mit Cement umhüllt sein, wenn nicht in der gebundenen Masse Sandmengen ganz ungebunden neben einander lagern sollen."

„Feinsandmengen, die durch ein Sieb von 300 Maschen pro qcm durchzusieben sind, also etwa gewöhnliche Streusandkörnung, im Mischungsverhältniß von 1 Theil Cement zu 1 Theil Sand, und Grobsandmengen, die auf einem Siebe von 120 Maschen pro qcm liegen bleiben, im Mischungsverhältniß von 1 Theil Cement zu 2 Theilen Sand, werden stets geringere Festigkeiten ausweisen, als ein Sandgemenge aus vorwiegend grobem Korn, dem die mittelfeinen und ganz feinen Körner nicht fehlen, im Mischungsverhältniß von 1 Theil Cement zu 3 und selbst 4 Theilen Sand."

Ueber den Einfluß der Korngrößen nach dieser Richtung hin hat schon Böhme s. Z. besondere Versuche angestellt,[2]) in dem Buche „Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen,"[3]) wird S. 61 darüber berichtet und in neuerer Zeit sind von dem Ingenieur A. S. Cooper anläßlich des Baues der Kasematten vom Fort Pulaski (Nord-Amerika) umfangreiche und werthvolle Versuche mit mehreren Sandsorten verschiedener Korngröße angestellt worden.[4])

Diese Versuche geben gleichzeitig Aufschluß über den Unterschied, welchen Sande gleicher Korngröße, aber verschiedenen Ursprungs in der Festigkeit der Mörtel hervorzubringen vermögen. Hierauf soll weiter unten näher eingegangen werden.

Wenn hiernach der Einfluß der Korngrößen in natürlich vorkommenden Sanden und künstlich gemischten Sanden mit einer gewissen Differenz zwischen größtem und kleinstem Korn bekannt war, so war aus dieser Thatsache noch nicht zu schließen, daß innerhalb der engen Grenzen des 60- und des 120-Maschensiebes irgend welche Veränderungen in dem Verhältniß der Menge der gröberen Körner zur Menge der feineren von nennenswerthem Einfluß auf die Festigkeit der mit diesen Mörteln hergestellten Normalkörper sein müssen.

Man konnte vielmehr mit einiger Berechtigung annehmen, daß dieser Einfluß — wenn er vorhanden ist — so gering sei, daß er praktisch vernachlässigt werden könne.

Sehen wir, wie sich der erwähnte Einfluß thatsächlich geltend macht.

---

[1]) Vergl. Martens: Betrachtungen über Cementmörtel und Beton. Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten. Jahrg. 1897. Heft 2.

[2]) Ueber den Einfluß verschiedener Korngrößen eines zu Cement-Normenproben benutzten Sandes auf die Bindefähigkeit der Mörtel. Thonindustrie-Zeitung 1883 Nr. 20.

[3]) Berlin, Julius Toeche. 1892.

[4]) Thonindustrie-Zeitung 1896 S. 128 nach Journal of the Franklin Institute, Vol CXL Nov. 1895 No. 5.

Reihe 14.

Schon bei den ersten Normalsandprüfungen fiel mir auf,[1]) daß in Normalsanden verschiedener Lieferung und verschiedenen Fundortes das Verhältniß des Siebgroben zum Siebfeinen stark schwankte.

Die Prüfung dreier Körnungen, nämlich eines im Jahre 1895 aus dem Handel bezogenen Normalsandes und derjenigen seiner Theile, die auf dem Sieb von 81 Maschen für 1 qcm liegen blieben, bezw. dieses Sieb passirten, ergab Gleichheit der spezifischen Gewichte, fast völlige Gleichheit der Litergewichte und folgende Festigkeitsergebnisse. (Tab. 22.)

Tabelle 22 (Reihe 14). **Festigkeit von Mörtelproben mit drei Körnungen von Normalsand.**

Normalsandkörner zwischen den Sieben von Maschen auf 1 qcm	1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Sand + 9 % Wasser			
	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
60—120	18,8	22,8	140,9	190,0
81—120	17,9	22,0	121,5	182,2
60—81	18,7	24,9	127,2	186,4

Ergebniß: Das Siebgrobe weist die höchste Zugfestigkeit auf; der gemischtkörnige Sand hat die mittlere Zugfestigkeit, aber die größte Druckfestigkeit.

Die Unterschiede, namentlich in der Zugfestigkeit sind so gering, daß nicht anzunehmen ist, eine Aenderung des Mischungsverhältnisses von Grobem zu Feinem werde das Festigkeitsergebniß des Normalsandes nennenswerth beeinflussen.

Reihe 15.

Die Versuche wurden erweitert. Aus Freienwalder Rohsand wurde Normalsand auf dem 60- und dem 120-Maschensiebe abgesiebt.

Das durch das 120-Maschensieb fallende Feine F und das auf dem 60-Maschensiebe verbleibende Grobe G wurden getrennt gewaschen und auf Sieben mit 240 bezw. 20 Maschen auf 1 qcm noch einmal abgesiebt.

Die somit zwischen den Sieben von 120 und 240 Maschen auf 1 qcm bezw. 20 und 60 Maschen auf 1 qcm verbleibenden Körner wurden getrennt mit einem normalen Portland-Cemente in Mischung 1:3 mit 9 % Wasser zu Mörtel verarbeitet und normenmäßig eingeformt.

Nach 24 Stunden wurde von jedem Körper das Raumgewicht festgestellt, um zu ermitteln, wie weit die Verschiedenheit der Korngrößen die Dichtigkeit der Körper beeinflußt und ob etwa die Unterschiede in der Dichtigkeit proportional der Festigkeit sind.

Die Ergebnisse der Versuche sind als Mittelwerthe aus 10 bezw. 5 Versuchen jeder Reihe in Tab. 23 zusammengestellt.

Ergebniß: Die groben Körner weisen die höhere Zug- und Druckfestigkeit auf. Die Druckfestigkeit steigt mit dem groben Korn in höherem Maße als die Zugfestigkeit. Das Raumgewicht der Körper mit grobem Sandkorn ist zwar höher als das der Körper mit feinem Korn, und zwar gleichmäßig für Zug- wie für Druckproben, die Raumgewichte stehen aber nicht im gleichen Verhältniß wie die entsprechenden Festigkeiten.

[1]) Mittheilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten 1896. S. 110. Einfluß der Korngrößen.

Tabelle 23 (Reihe 15). **Festigkeit von Mörtelproben mit groben und mit feinen Sandkörnern.**

Sandkörner aus Freienwalder Rohsand zwischen den Sieben von Maschen auf 1 qcm		1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Sand + 9 % Wasser					
		Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm		Raumgewicht der Proben 24 Std. nach dem Einschlagen	
		7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	Zug	Druck
F	120—240	15,6	16,7	94,7	134,0	2,187	2,084
G	20—60	16,7	19,4	135,6	195,5	2,303	2,242
$\frac{F}{G} \cdot 100$	(Verhältnißzahl)	93	86	70	68	94	94

Reihe 16.

Versuche in gleichem Sinne wie die in Reihe 14 und 15 erwähnten stellte Schott an.[1]) Er siebte mit neuen Sieben aus Freienwalder Rohsand Normalsand ab und trennte einen Theil davon mittelst eines Siebes von 90 Maschen für 1 qcm in die gröberen und feineren Körner. In dem Normalsand war das Verhältniß von groben Körnern zu feinen Körnern annähernd = 1 : 2.

Die so entstehenden beiden Sandsorten wurden dann auch noch mit einem Zusatz von 20% feinstem, durch das Sieb von 120 Maschen für 1 qcm hindurchfallendem Sande gemischt.

Die verschiedenen Sande wurden mit einem Portland-Cement und 8% Wasser normenmäßig gemischt, eingeschlagen und geprüft, und lieferten im Mittel aus je 10 bezw. 5 Versuchen die in Tab. 24 zusammengestellten Ergebnisse.

Tabelle 24 (Reihe 16). **Schott: Versuche mit Normalsand verschiedener Korngröße.**

Sandkörner aus Freienwalder Rohsand zwischen den Sieben von Maschen auf 1 qcm		1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Sand + 8 % Wasser		
		Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm
		7 Tage	28 Tage	28 Tage
N	60—120	13,4	17,5	145,5
F	90—120	12,6	15,8	137,8
G	60—90	12,0	15,0	143,9
F + f	90—120 + 20 % Feinstes	12,8	16,0	152,9
G + f	60—90 + 20 % Feinstes	13,5	18,3	165,5

Ergebniß: Der gemischtkörnige Sand (wirkliche Normalsand) hat höhere Festigkeiten als seine groben und feinen Theile für sich allein.

Die Unterschiede sind indessen so gering, daß nicht anzunehmen ist, eine Aenderung des Mischungsverhältnisses von Grobem zu Feinem werde die Festigkeitsergebnisse des Normalsandes nennenswerth beeinflussen.

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1897. S. 48.

Der Zusatz von 20% Feinsand zum feinen Korn ergiebt eine geringe Festigkeitserhöhung. Die Festigkeit kommt der des Normalsandes nahe. Der Zusatz von 20% Feinsand zum gröberen Korn steigert die Festigkeit erheblich, so daß sie die des Normalsandes übersteigt.

Die Ergebnisse bestätigen das Resultat der theoretischen Erwägung, daß die Festigkeit steigen muß, wenn die Lücken zwischen den gröberen Körnern durch feinere Körner ausgefüllt werden, der Undichtigkeitsgrad des Sandes also abnimmt.

Schlußfolgerungen aus Reihe 14—16.

Schwankungen in dem Verhältniß der groben Körner im Normalsand zu den feinen, wie sie die praktische Herstellung des Normalsandes unvermeidlich ergiebt, sind von geringem Einfluß auf die Festigkeitsergebnisse.

Da die Festigkeit mit der Menge der groben Körner — wenn auch nur in geringem Maße — wachsen wird, sollte im Normalsand ein bestimmtes Verhältniß von grobem zu feinem Korn, etwa wie 1 : 1 nach Möglichkeit angestrebt werden. Nach diesem Verhältniß ist der aus dem Rohsande abgesiebte Normalsand schon annähernd gemischt.

Da der Gehalt des Normalsandes an feinsten, das 120-Maschensieb passirenden Sandkörnern das Festigkeitsergebniß zu beeinflussen vermag, sollte durch besondere Versuche die höchste zulässige, praktisch zu vernachlässigende Menge des Siebfeinsten festgestellt werden.

β. Beimengung erdiger oder organischer Bestandtheile.

In dem Werke: „Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen“ [1]) S. 60 wird darauf hingewiesen, daß für die Bereitung von Cementmörtel solcher Sand zu verwerfen ist, welcher organische, namentlich humus- oder torfartige Stoffe in irgend erheblicher Menge enthält, da diese sehr nachtheilig auf die Festigkeit einwirken.

Lieven [2]) schreibt ihre Wirkung dem Umstande zu, daß die Humussäuren des Torfes mit dem Kalk des Cementes eine weiche Kalkhumusseife bilden und giebt an, daß 4—5% Humus oder Torf genügen, um die Erhärtung des Cementes zu verhindern.

Die Auswahl des Rohsandes von Freienwalde für die Normalsandfabrikation ist nun so getroffen, daß Humus oder Torf in ihnen nicht vorkommen, so daß also diese Frage für die Beurtheilung schädlicher Einflüsse im Normalsand ausscheidet.

In demselben Werk: „Der Portland-Cement“ findet sich aber außerdem die ganz allgemein gehaltene Angabe, daß Sande, welche thonige oder lehmige Beimengungen mit sich führen, die fest an der Oberfläche der Sandkörner haften, für Cementarbeiten nicht oder nur bedingungsweise geeignet sind. Diese gäben stets schlechte Resultate und bisweilen genüge schon ein geringer Prozentsatz der Beimischung, um die zu erzielende Festigkeit gänzlich in Frage zu stellen. Solche Sandsorten müßten daher vor der Verwendung unbedingt gewaschen werden.

Ist dagegen der Lehm oder Thon dem Sand nur lose beigemischt, so sei derselbe für die Festigkeit in der Regel nicht nachtheilig, ja er könne sogar, vorausgesetzt, daß sein Gehalt nicht zu hoch steigt, zur Vermehrung der Dichte und Festigkeit beitragen.

---

[1]) Berlin, Julius Toeche 1892.

[2]) Dinglers Polytechnisches Journal 263 S. 342.

In dieser allgemeinen Fassung sind die aufgestellten Sätze nicht ohne Weiteres giltig, wie weiter unten nachgewiesen werden wird, und wie auch von anderer Seite bereits beobachtet wurde.

In der Generalversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1897[1]) wies der Cementwaarenfabrikant Hüser darauf hin, daß die allgemeine Vorschrift des Waschens sehr häufig große Vorzüge der Materialien vernichtet. Gleichmäßig vertheilte, staubfeine erdige Mengen, die bei solchen Wäschen ausgeschieden werden, bilden oft hochwerthige Vorzüge eines Materials. Wer sich vielfach mit Festigkeitsuntersuchungen von Materialien in Cementmischung beschäftigte, machte sicherlich oft die Wahrnehmung, daß das gleiche Material gewaschen zumeist geringere Festigkeit aufweist als ungewaschen. Selbstverständlich sind zu große Mengen erdiger oder lehmiger Beschaffenheit nicht von Vortheil. Ueber die Wirkung solcher Beimengungen im Sande, deren Menge und Art sich nach dem bloßen Aussehen nicht beurtheilen läßt, können daher nur Versuche Aufschluß geben.

Wie stellt sich nun der Normalsand zu dieser Frage? Der Rohsand, aus welchem der Normalsand gewonnen wird, enthält Schluff und lehmige Bestandtheile in erheblicher Menge, aber nicht gleichmäßig vertheilt. Daraus folgt, daß diese Verunreinigungen zur Schaffung gleichmäßigen Normalsandes herausgewaschen werden müssen. Das Waschen läßt sich aber im Großen nur bis zu einer gewissen Grenze fortsetzen und es galt daher, den Einfluß der etwa noch im gewaschenen Normalsande vorhandenen lehmigen Theile durch Versuche festzustellen.

Reihe 17.

Eine Probe des im Februar 1896 bezogenen Normalsandes, welcher ungewöhnlich viel lehmige Bestandtheile enthielt, wurde den nachfolgenden Versuchen zu Grunde gelegt.

Der Sand, welcher mit viel Wasser im Becherglase verrührt, eine starke Trübung des Wassers zeigte, enthielt im Mittel aus zwei Versuchen

abschlämmbare lehmige Bestandtheile . . . . . 0,09 %
in Salzsäure (1:1) lösliche Bestandtheile nach 1 stündigem Kochen . . . 0,11 %

Der Sand wurde mit einem normalen Portland-Cement in der Normenmischung 1 : 3 wie üblich mit 9 % Wasser zu Probekörpern eingeschlagen, die nach 28 Tagen Erhärtung unter Wasser auf Druckfestigkeit geprüft wurden.

Verwendet wurde:

1. Normalsand im Anlieferungszustande;
2. Normalsand, mit reinem Wasser nachgewaschen, bis sich keine Trübung des Waschwassers mehr zeigt;
3. Normalsand, in verdünnter Salzsäure ausgewaschen und mit Wasser nachgespült.

Um die Versuchsfehler nach Möglichkeit auszugleichen, wurden in jeder Reihe 20 Körper angefertigt und geprüft. Das mittlere Raumgewicht der Proben vor der Prüfung betrug:

1. 2,206, 2. 2,203, 3. 2,206.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tab. 25, nach der Festigkeit steigend geordnet, zusammengestellt.

[1]) Protokoll der Verhandlungen 1897 S. 169 und 219.

Tabelle 25 (Reihe 17). **Druckfestigkeit von Mörteln aus 1 Gew.-Thl. Portland-Cement und 3 Gew.-Thl. gewaschenen und ungewaschenen Normalsand.**

28 Tage alte Proben.

Versuch Nr.	Normalsand		
	im Anlieferungszustande	in Wasser nachgewaschen	in Salzsäure nachgewaschen
	Druckfestigkeit in kg/qcm		
1	(146,0) [1]	140,0	(143,0) [1]
2	148,0	146,0	161,0
3	150,0	155,0	168,4
4	156,0	155,6	170,0
5	156,6	156,0	177,0
6	157,0	158,0	178,0
7	157,6	159,4	179,0
8	159,4	160,4	182,0
9	160,6	163,6	182,0
10	162,6	164,0	184,0
11	163,0	164,0	184,4
12	163,0	164,4	184,6
13	166,0	165,0	186,0
14	166,0	166,0	186,0
15	166,6	166,0	186,0
16	166,8	168,0	188,0
17	167,4	172,0	188,0
18	168,0	172,4	195,0
19	168,0	174,0	196,0
20	169,0	176,0	200,0
Mittel	161,7	162,3	182,9

Ergebniß: Zwischen dem Normalsand im Anlieferungszustande und dem mit Wasser nachgewaschenen Sande besteht kein Unterschied in der Festigkeit der aus ihnen hergestellten Druckproben.

Das Waschen des Sandes mit Salzsäure hat die Festigkeit der Druckproben um 13% erhöht.

Reihe 18.

Um zu ermitteln, ob etwa größere Mengen abschlämmbarer Stoffe im Freienwalder Normalsand Unterschiede in der Festigkeit der Normenproben bedingen, habe ich aus einer größeren Menge Rohsand, den die Firma Henneberg & Co. in Freienwalde aus der Grube Hammerthal zur Verfügung stellte, Normalsand absieben lassen.

Die Menge des mit Wasser Ausschlämmbaren stellte sich

im ungewaschenen Rohsande auf { 1,86% / 1,58 „ } im Mittel 1,70%

„ „ Normalsande „ { 0,46 „ / 0,44 „ } im Mittel 0,45 „

(Eine frühere Untersuchung des Freienwalder Rohsandes [2]) hatte 0,53 bis 0,75, im Mittel aus 6 Versuchen 0,66% abschlämmbare Substanz ergeben).

[1]) Frisch gewogene Probekörper. Von der Bildung des Mittelwerthes ausgeschlossen.

[2]) Mittheilungen 1896. S. 109.

Von dem so erhaltenen Normalsande wurde die eine Hälfte sorgfältig gewaschen, die andere ungewaschen zu Festigkeitsversuchen in der Normalmörtelmischung 1:3 verwendet.

3 Gewichtstheile Sand wurden mit 1 Gewichtstheil eines normalen Portland-Cementes und $9^1/_2$ % Wasser normenmäßig gemischt und mit dem Hammerapparat in Zug- und Druckformen geschlagen.

Nach normengemäßer Erhärtung der Proben ergab die Prüfung nach 7 und 28 Tagen die in Tab. 26 zusammengefaßten Ergebnisse. (Mittelwerthe aus je 10 Versuchen.)

Tab. 27 enthält die Mittelwerthe der Probengewichte.

Tabelle 26 (Reihe 18). **Einfluß des Waschens von Normalsand auf die Festigkeit von Normalmörtelproben.**

Normalsand	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
a gewaschen	17,1	24,2	93,6	137,5
b ungewaschen	15,6	20,5	103,0	155,1
Verhältniß $\frac{b}{a} \cdot 100$	91	85	110	113

Tabelle 27 (Reihe 18). **Mittelwerthe der Probengewichte** nach 24 Stunden Erhärtung der Körper.

Normalsand	Zugproben g	Druckproben g
a gewaschen	150	758
b ungewaschen	155	770
Verhältniß $\frac{b}{a} \cdot 100$	103	102

Ergebniß: 1. Die mit ungewaschenem Sand hergestellten Proben zeigen ein um 2 bis 3 % erhöhtes Gewicht, haben also — wie zu erwarten war — die größere Dichte.

2. Trotz größerer Dichte ist die Zugfestigkeit bei Anwendung von ungewaschenem Sand im Mittel um 12% geringer, die Druckfestigkeit dagegen ist um eben soviel höher, unzweifelhaft in Folge der besseren Ausfüllung der Hohlräume bei Verwendung ungewaschenen Sandes und der Umhüllung der Quarzkörner mit thoniger Substanz, welche die Haftfestigkeit des Cementes am Sande hindert.

Schlußfolgerungen aus Reihe 17 und 18.

Der aus Freienwalder Rohsand hergestellte Normalsand muß sorgfältig gewaschen werden, wenn gleichmäßige und vergleichbare Festigkeitsergebnisse erzielt werden sollen.

Die Menge des Abschlämmbaren im Normalsande muß weniger als 0,09 % betragen.

Die genaue Grenze ist durch besondere Versuche noch festzustellen.

γ. Fundort und mineralogische Zusammensetzung.

In den „Normen" vom 28. Juli 1887 ist ausgesprochen:

> Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muß überall Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit benutzt werden. Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sande mittelst eines Siebes von 120 Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Theile entfernt.

Hiernach kann also für die Herstellung des Normalsandes jeder möglichst reine Quarzsand beliebigen Fundortes benutzt werden. Daß hierdurch erhebliche Unzuträglichkeiten entstehen können, ist bereits bei Aufstellung der Normen erkannt worden, denn es heißt dort weiter:

> Da nicht alle Quarzsande bei der gleichen Behandlungsweise die gleiche Festigkeit ergeben, so hat man sich zu überzeugen, ob der zur Verfügung stehende Normalsand mit dem unter der Prüfung des Vorstandes des Deutschen Cementfabrikanten-Vereins gelieferten Normalsande, welcher auch von der Königlichen Prüfungsstation in Charlottenburg-Berlin benutzt wird, übereinstimmende Festigkeitsergebnisse giebt.

Die Prüfung jedes fremden, nicht aus Freienwalde stammenden Normalsandes ist also vorgeschrieben, ob sie aber in allen Fällen ausgeführt wird, ist zweifelhaft. Aber selbst wenn diese Prüfung immer ausgeführt würde, so würde sie doch zumeist zu negativen Ergebnissen gelangen, denn es wäre ein seltsames Spiel des Zufalls, wenn zwei an verschiedenen Orten in der Natur vorkommende Sande vollkommen gleiche Eigenschaften zeigten.

Thatsächlich sind selbst in Freienwalde die Ablagerungen des tertiären Sandes, aus dem der Normalsand gewonnen wird, an verschiedenen Stellen keineswegs gleich, so daß es nothwendig erschien, den Normalsand und Rohsand einer ganz bestimmten Grube, und in dieser Grube von bestimmten Stellen zu entnehmen.

Zeigen so nahe verwandte Sande von zeitlich derselben Ablagerung schon solche Verschiedenheiten, so läßt sich denken, wie die Zahl dieser Abweichungen mit den veränderten Eigenschaften in Folge verschiedenen geologischen Alters der Ablagerung, des verschiedenen Ursprungs der Sande und ihrer verschiedenen Schichtung wachsen werden.

Um festzustellen, in wie weit seitens der deutschen Cementfabrikanten von der in den Normen gegebenen Erlaubniß, auch andere „möglichst reine" Quarzsande zu Normalsand zu verwenden, Gebrauch gemacht wird, hat die Versuchsanstalt an die 60 deutschen Mitglieder der Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten eine Umfrage gerichtet, welche von 56 Fabriken beantwortet worden ist.

> Die Frage 1 dieses Rundschreibens: Verwenden Sie in Ihrem Fabriklaboratorium Normalsand aus Freienwalde (Berliner Normalsand)?

wird von 48 Fabriken mit „Ja", von 5 Fabriken mit „nein" und von 3 Fabriken mit „theilweise" beantwortet. Thatsächlich verwenden aber, wie aus der Beantwortung der folgenden Fragen hervorgeht, nicht nur drei, sondern 8 Fabriken theilweise anderen Sand, und zwar vorwiegend zu vergleichenden Proben innerhalb des Laboratoriums selbst.

Davon sind zwei aus Freienwalder Gruben gewonnen, die der Vereins-Grube benachbart sind, ein Sand stammt von dem Gestade eines mecklenburgischen Binnensees, zwei aus Flüssen (Leine und Rhein) und drei aus Gruben im Binnenlande in Mittel- und Süddeutschland.

Die Analyse des Rheinsandes wird wie folgt angegeben.

Kieselsäure	92,04 %
Eisenoxyd } Thonerde }	4,64 „
Calciumoxyd	0,88 „
Magnesia	0,32 „
Glühverlust	1,44 „

Von zwei Fabriken, die nicht geantwortet haben, ist der Versuchsanstalt außerdem bekannt, daß sie Sand vom Rhein und aus der Pfalz verwenden.

Eine Fabrik giebt an, daß sie den Rohsand nach der Reinigung durch ein 600-Maschensieb absiebe. Die dann auf dem Siebe verbleibenden Körner bis zur Größe des Normalsandes gäben denselben Erfolg wie Berliner Normalsand. Dieser Sand ist also nicht einmal normalkörnig.

Von drei Fabriken wird angegeben, daß ihr Normalsand dieselben Festigkeiten erziele, wie der Berliner, vier Fabriken geben zu, daß sie mit ihrem Normalsande höhere Festigkeiten erzielen.

Ich habe eine ganze Anzahl von Versuchsergebnissen verschiedener Versuchsstellen mit verschiedenen sogenannten Normalsanden gesammelt und in Tab. 28 übersichtlich zusammengestellt. Die fett gedruckten Verhältnißzahlen zeigen, daß durchweg mit den fremden normalkörnigen Sanden höhere Festigkeiten erzielt sind, als mit dem Berliner Normalsand, und zwar macht sich die Erhöhung namentlich in der Zugfestigkeit geltend, wo sie in einem Falle 75 % beträgt, in mehreren Fällen über 50 %.

Diese Unterschiede werden zum Theil in der verschiedenen Zusammensetzung der Sande, zum Theil in der Oberflächenbeschaffenheit der Körner, zum Theil schließlich auch in der größeren oder geringeren Reinheit ihre Ursachen haben.

Einige der in Tab. 28 aufgeführten Sande sind in der Versuchsanstalt näher geprüft worden und haben die folgenden Ergebnisse geliefert.

	Freienwalder Sand vom 16. Nov. 1896	Rheinsand	Pfälzer Sand	Gemischter Sand (bezogen von einer Behörde)
Ammoniak. Niederschlag der salzsauren Lösung	0,028	0,388	0,022	0,113
CaO im Filtrat	0,013	0,371	0,170	0,103
Gesammt-Analyse.				
Kieselsäure	98,67	94,98	98,31	97,69
Thonerde und Eisenoxyd . . .	0,81	3,61	0,93	1,45
Kalk	0,32	0,62	0,48	0,37
Glühverlust	0,09	0,61	0,25	0,32

Die Unterschiede sind sehr in die Augen springende und erklären vollauf die verschiedenen Festigkeitsergebnisse, obgleich alle vier Sande „möglichst" reine Quarzsande sind.

Tabelle 28. Gegenüberstellung der Festigkeitsergebnisse von 1 + 3 Cementmörteln mit normalkörnigen Sanden verschiedenen Ursprunges.

Die in der Tabelle angegebenen Festigkeitszahlen sind Mittelwerthe aus 4—10 Versuchen.

Versuchsstelle			Normalkörniger Sand	Zugfestigkeit kg/qcm		Verhältniß $\frac{a}{b}\cdot 100$		Druckfestigkeit kg/qcm		Verhältniß $\frac{a}{b}\cdot 100$	
				7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
I		a	der Hankeschen Grube in Schiffmühle	16,9	21,4	108	112	—	—		
		b	von Freienwalde vom Verein bezogen	15,6	19,1			—	—		
II		a	aus dem Rhein bei Mannheim	25,6 *16,2*	33,3 *21,1*	123 *128*	115 *141*	136,6 *101,3*	294,3 *199,6*	101 *120*	114 *174*
		b	von Freienwalde vom Verein bezogen	20,8 *12,7*	29,0 *15,0*			134,6 *84,0*	258,3 *115,0*		
III		a	aus einem in Mitteldeutschland gelegenen Berge — normal gesiebt	17,1	23,9	108	113	—	—		
		a'	aus einem in Mitteldeutschland gelegenen Berge — grob gesiebt	21,9	29,3	138	139	—	—		
		b	von Freienwalde vom Verein bezogen	15,8	21,2			—	—		
IV		a	von Grünstadt (Pfalz)	19,3	24,5	135	127	166	227	118	119
		a'	aus dem Rhein bei Amöneburg	16,4	20,8	115	108	152	194	108	102
		b	von Freienwalde	14,3	19,3			141	190		
V	Cement A	a	von R.	25,2	32,0	152	145	—	—		
		a'	von T.	24,1	32,0	146	145	—	—		
		b	von Freienwalde	16,5	22,0			—	—		
	Cement B	a	von R.	23,6	32,5	156	158	—	—		
		a'	von T.	26,5	31,5	175	148	—	—		
		b	von Freienwalde	15,2	21,3			—	—		
VI	Cement C	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	13,6	18,2	111	110	—	157		112
		b	von Freienwalde	11,7	16,6			—	141		
	Cement D	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	11,7	16,8	95	104	—	137		102
		b	von Freienwalde	12,5	16,2			—	134		
	Cement E	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	11,3	15,2	115	110	—	133		121
		b	von Freienwalde	9,8	13,9			—	110		
	Cement F	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	11,2	14,4	116	105	—	130		124
		b	von Freienwalde	9,7	13,7			—	105		
VII		a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	16,7	23,8	119	125	128	188	118	115
		b	von Freienwalde	14,0	19,0			113	164		
VIII	G	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	—	24,4		107	—	—		
		b	von Freienwalde	—	22,9			—	—		
	G 1	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	—	26,8		112	—	—		
		b	von Freienwalde	—	24,0			—	—		
	H	a	Gemisch aus Rheinsand und Pfälzer Sand	—	13,9		136	—	—		
		b	von Freienwalde	—	10,2			—	—		
IX		a	aus der Pfalz	26,6	33,2	116	110	—	284		101
		b	von Freienwalde	22,9	30,1			—	282		

Schlußfolgerung.

Aus den vorstehenden Versuchsergebnissen geht hervor, daß der „Normalsand" näher definirt werden muß, wenn er als ein wirklicher „Normal"sand gelten soll.

Insbesondere ist zu beachten, daß der Sand aus einer und derselben Grube entnommen und diese Grube dauernd kontrolirt werden muß.

Die Anforderungen, welche an den Normalsand zu stellen sind, und die zulässigen Grenzwerthe würden also nach dem bisherigen Stande der Untersuchungen, vorbehaltlich weiterer Prüfungen folgende sein:

Das Rohmaterial für den Normalsand wird aus einem bestimmten Vorkommen in Hammerthal bei Freienwalde gewonnen, und durch Waschen und Sieben zu Normalsand verarbeitet. (Die hierbei zu beobachtenden Verfahren werden noch besonders festgelegt werden.)

Die Eigenschaften des so hergestellten Normalsandes sollen folgende sein:

1. Der Sand enthält mindestens 98 % Kieselsäure;
2. der Sand enthält höchstens 0,09 % ausschlämmbare Substanz;
3. die gröbsten Körner des Sandes gehen durch eine quadratische Oeffnung von 0,870 mm Seitenlänge;
4. die feinsten Körner des Sandes bleiben auf quadratischen Oeffnungen von 0,589 mm Seitenlänge liegen;

   (Zulässige Abweichungen zu 3 und 4 sind noch festzustellen.) Zur Kontrole dienen die quadratisch gelochten Siebe der Versuchsanstalt.
5. das Verhältniß des Siebgroben zum Siebfeinen, geschieden durch das 81-Maschensieb, beträgt annähernd 1 : 1.
6. das Litergewicht im eingerüttelten Zustande R_r soll zwischen 1,680 und 1,695 betragen;
7. der Dichtigkeitsgrad des Sandes soll zwischen $d = 0{,}635$ und 0,642 schwanken;
8. der Undichtigkeitsgrad (mit Wasser gemessen) soll $u = 0{,}342$ bis 0,364 betragen.

II. Einschlagen der Proben.

Daß die Art und Weise, in welcher der fertig gemischte Mörtel in die Formen eingeschlagen wird und die Beschaffenheit der Formen selbst nicht ohne Einfluß auf die spätere Festigkeit der Probekörper sein wird, liegt auf der Hand. Auch hierbei können anscheinend geringfügige Abweichungen von der Regel zu recht großen Differenzen führen.

Es rechtfertigt sich aus diesem Grunde die Mittheilung einiger in der Versuchsanstalt nach der erwähnten Richtung hin gesammelter Erfahrungen.

a. Einfluß der Beschaffenheit der Formen.

Daß die Formen genau die vorgeschriebene Größe und Gestalt haben müssen, ist eigentlich zu selbstverständlich, als daß es erwähnt werden müßte, und doch weichen namentlich die an verschiedenen Stellen im Gebrauch befindlichen Zugprobeformen, die 5 qcm Querschnitt haben sollen, in Querschnitt, geometrischer Gestaltung und Rauminhalt oftmals erheblich von einander ab. Deshalb sollten vor der Ingebrauchnahme alle Zug- und Druckformen geprüft werden, erstere, ob sie genau 5 qcm kleinsten Querschnitt besitzen, richtig konstruirt sind und übereinstimmenden

Rauminhalt haben — was sich durch Ausgießen mit reinem Cement leicht erproben läßt — letztere, ob sie einen genauen Würfel mit 50 qcm Fläche darstellen.

Diese Prüfung muß öfter wiederholt werden, da die Formen sich mit der Zeit abnützen.

Bereits in den Mittheilungen 1896 S. 173 u. f. habe ich eine Anzahl von Versuchsreihen mitgetheilt, die beweisen, daß alte und neue Formen Festigkeitsunterschiede ergeben, die bei den Zugproben weniger hervortreten als bei den Druckproben und nach sieben Tagen weniger als nach 28 Tagen. Die neuen Zugformen ergaben bis zu 2,8 %, die neuen Druckformen bis zu 5,4 % höhere Festigkeit als die alten. Dabei waren die alten Formen scheinbar nur wenig abgenutzt.

Der Grad der Abnutzung ist naturgemäß von dem Material abhängig, aus dem die Formen hergestellt sind, und welches für die Zugformen zumeist aus einer Kupferlegirung, für die Druckformen aus Gußeisen zu bestehen pflegt.

Formen aus gewöhnlichem Rothguß nutzen sich sehr schnell ab; man hat deshalb für Zugformen vielfach Phosphorbronce verwendet, die härter, aber auch kostspieliger ist. Neuerdings hat das chemische Laboratorium für Thonindustrie in Berlin den Versuch unternommen, auch die Zugformen aus Gußeisen herzustellen (zu fräsen), und es scheint nach dem Ergebniß vorläufiger — noch nicht abgeschlossener — Versuche, als ob diese Formen sich bewähren würden. Sie haben neben dem Vorzug größerer Härte und Billigkeit auch noch den, daß sich die Proben aus ihnen leicht entfernen lassen, sofern die Formen rein und ausreichend in Oel gehalten werden.

Die oben bereits erwähnten, mit zahlreichen Cementen festgestellten Unterschiede zwischen den Proben aus alten und den aus neuen Formen legten die Frage nahe, ob die Ursache dieser Unterschiede zum Theil vielleicht in der neuen Einspannvorrichtung — Bauart Martens — zu suchen sei.

Während nämlich bei der alten Einspannvorrichtung mittelst wagerecht geführter Schrauben die Form niemals völlig fest an der Grundplatte auflag, wird bei der neuen Einspannvorrichtung die Form fest an die Grundplatte angedrückt, so daß — da auch der Füllkasten fest an die Form angepreßt wird — der Wasseraustritt sowohl zwischen Form und Formplatte als zwischen Form und Füllkasten nicht mehr so leicht möglich ist, wie bei den früheren Formen. Namentlich die Zugformen wurden bei der alten Vorrichtung während des Andrehens der Schraube sehr leicht etwas von der Grundplatte abgehoben.

Ob dies einen Unterschied in der Festigkeit bedingt, darüber sollten besondere Versuche Aufschluß geben.

Reihe 19.

Verwendet: a. Ein normaler Portland-Cement, Erhärtungsanfang $1^1/_4$ Stunde
Abbindezeit $5^1/_4$ „
des Cementes Litergewicht eingelaufen . . 1,274 kg
„ „ „ eingerüttelt . . 2,028 „

			Zwischen je 2 Sieben
Rückstand auf dem 5000-Maschensieb	12 %		88,0 %
„ „ „ 900 „	1,2 „	}	10,8 „
„ „ „ 600 „	0,1 „	}	1,1 „
„ „ „ 324 „	0,0 „	}	0,1 „

b. Normalsand.

Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1 : 3 = 9%.

1. Die Zugformen wurden in der neuen Einspannvorrichtung, Bauart Martens, mit Füllkasten und Grundplatte fest anliegend verbunden.
2. Zwischen Formplatte und Zugform, sowie zwischen Form und Füllkasten wurden Papierstreifchen so eingelegt, daß die Theile nicht völlig dicht auf einander schlossen.
3. An Stelle der Papierstreifen wurden Pappstreifen verwendet, sodaß zwischen Formplatte und Zugform wie zwischen Form und Füllkasten ziemlich breite Spalten offen blieben.

Die Mittelwerthe der je 10 Versuche enthält die Tabelle 29.

Tabelle 29 (Reihe 19). **Einfluß des dichten Schließens der Formen auf Gewicht und Zugfestigkeit der Mischung 1 : 3.**

Mittel aus je 10 Versuchen.

Die Proben erhärteten die ersten 24 Stunden im feuchten Raume an der Luft, dann unter Wasser.

Einspannung der Formen	Gewicht der Proben nach 24 Stunden g	Zugfestigkeit kg/qcm	
		nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
Fest	153	14,8	20,0
Mit Papierzwischenlage . . .	155	14,8	20,3
Mit Pappzwischenlage . . .	156	14,3	19,5

Ergebniß: So weit die geringe Zahl der Versuche schon ein Urtheil zuläßt, sind geringe Undichtigkeiten der Form ohne Einfluß auf die Zugfestigkeit der Normalmörtel.

Klaffende Spalten zwischen Form und Formplatte beeinträchtigen indessen die Zugfestigkeit, deshalb sollte auf möglichst dichten Schluß der Formen gesehen werden.

b. Einfluß des Oelens der Formen.

Daß Oele, die in technischen Betrieben häufig mit Cementmörtel oder Cementbeton in Berührung kommen, schädlich auf die Festigkeit der Cementwaaren einwirken, ist bekannt.

Dr. Schumann[1]) hat bereits 1892 mit einigen Oelsorten Versuche in der Weise angestellt, daß er normengemäß hergestellte Zugprobekörper aus 1 Cement : 1 Sand sowie aus 1 Cement : 3 Sand der Wirkung der Oele durch Einlegen der Proben in dieselben aussetzte und in gewissen Zeitabschnitten die Festigkeit bestimmte.

Er verwendete Petroleum, Vulkanöl und Rüböl.

Die beste Festigkeit ergaben naturgemäß die unter Wasser erhärteten Proben, dann folgt Petroleum, dann Vulkanöl und das schlechteste Ergebniß lieferte Rüböl. Das ist verständlich, weil Rüböl wie jedes andere fette Oel mit dem Cement eine Kalkseife erzeugt, die eine Erweichung und unter Umständen sogar eine Zerstörung des Cementmörtels zur Folge hat. So war nach Schumann der Mörtel 1:3 durch Rüböl nach einem halben Jahre vollständig zerstört. Der Mörtel 1:1 hatte sich zwar besser gehalten, aber doch erheblich gelitten.

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1892 S. 73.

Andere Versuche, die Schumann ausführte, um zu ermitteln, wie die Oele auf den Cementmörtel einwirken, wenn die Proben nur zeitweise in die Oele versenkt wurden und dazwischen an der Luft erhärteten, ergaben zwar eine schwächere Wirkung der Oele, lieferten aber im wesentlichen dasselbe Ergebniß wie die ersten Reihen. Namentlich die größeren Proben büßten durch die Oele wesentlich an Festigkeit ein.

Schumann folgert aus seinen Versuchen, daß die Oele um so nachtheiliger auf Cementmörtel wirken, je poröser sie sind, je leichter also die Oele in den Mörtel eindringen können, und andererseits, daß man bei Anwendung eines undurchdringlichen Mörtels (1 : 1) der durch sorgfältiges Naßhalten gut erhärtet ist, Cementarbeiten herstellen kann, die den Oelen vollkommen Widerstand leisten, so z. B. Oelbehälter, Maschinenfundamente u. dergl.

Da durch diese Versuche der schädliche Einfluß namentlich fetter Oele auf die Festigkeit der 1 + 3 Mörtel nachgewiesen war, stand zu befürchten, daß auch das Einölen der Formen bei Herstellung der Proben die Festigkeit schädigen könne.

Wie allgemein, werden auch in der Versuchsanstalt die Formen wegen des leichteren Loslassens von dem eingeschlagenen Körper eingeölt und es wird von diesem Brauch nur dann Abstand genommen, wenn das Oelen das Haften des Mörtels an der Form begünstigt, statt verhindert, was bei gewissen Cementen, namentlich Schnellbindern, vorkommt.

Es galt also den Einfluß, den das Oelen der Formen etwa auf die Festigkeit der Cementmörtel ausübt, noch durch Versuche mit geölten und nicht geölten Formen zu ermitteln.

Die Anwendung des Oeles wurde in der entsprechenden Versuchsgruppe in so fern etwas übertrieben, als die geölten Formen viel stärker eingefettet wurden, als dies gewöhnlich geschieht. In der anderen Versuchsgruppe wurden die nur mit Wasser benetzten Formen vorher sorgfältig von jeder Spur etwa anhaftenden Oeles befreit, während bei gewöhnlicher Benutzung der Formen diese immer etwas fett gehalten werden, um Rostbildung zu vermeiden.

Zwei Reihen von Versuchen wurden angestellt, zu denen zwei verschiedene, langsam bindende Portland-Cemente mittlerer Güte verwendet wurden.

In der ersten (Reihe 20) wurde zum Einölen der Zug- und Druckformen die in der Versuchsanstalt für diesen Zweck übliche Mischung aus 3 Theilen Rüböl mit 1 Theil Petroleum benutzt, in der zweiten (Reihe 21) gelangte zum Einfetten der Formen ein dickflüssiges, säurereiches fettes Schmieröl zur Verwendung.

In jeder Reihe wurde ein Theil der Proben in den sehr stark geölten Formen, ein anderer Theil in sehr sorgfältig von allem Fett gereinigten Formen eingeschlagen.

Die Proben aus reinem Cement der Reihe 20 ließen sich aus den nicht geölten Formen schwer entfernen.

In Reihe 21 wurde beobachtet, daß sich die Proben aus reinem Cement aus stark geölten Formen schwer entfernen ließen, da sie theilweise sehr fest an den Formen hafteten, dagegen ließen sich die Proben 1 + 3 der Reihe 21 wieder aus den nicht geölten Formen nur schwierig entnehmen, so daß einzelne Proben starke sichtbare Beschädigungen erlitten und von der Bildung des Mittelwerthes ausgeschlossen werden mußten.

Die Ergebnisse der Versuche sind als Mittelwerthe in den Tabellen 30 und 31 zusammengestellt.

Reihe 20.

Tabelle 30. Zug- und Druckfestigkeit von Probekörpern, die in stark geölten bezw. mit Wasser benetzten Formen hergestellt wurden.

Mittel aus je 5 Versuchen.

Die Formen wurden	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	Reiner Cement		1 + 3 Mörtel		Reiner Cement		1 + 3 Mörtel	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
Stark geölt[1])	38,3	41,3	15,0	18,1	273,8	355,0	99,8	144,6
Von Oel gereinigt und mit Wasser benetzt	36,3	38,0	15,6	20,4	275,8	374,2	108,2	154,0

Ergebniß: Das übermäßige Oelen der Formen hat den Proben geschadet. Eine Ausnahme bilden die Zugproben aus reinem Cement, die in den geölten Formen eine etwas größere Festigkeit erlangt haben, als in den nur mit Wasser benetzten.

Da sich in den meisten Fällen Zugproben von reinem Cement aus mangelhaft oder überhaupt nicht geölten Formen nur sehr schwer entnehmen lassen und hierbei leicht beschädigt werden, ist die Ursache dieser Verschiebung möglicherweise in zu starker Erschütterung und Beschädigung der ungeölten Proben beim Entformen zu suchen.

Reihe 21.

Tabelle 31. Zug- und Druckfestigkeit von Probekörpern, die in stark geölten bezw. mit Wasser benetzten Formen hergestellt wurden.

Mittel aus je 10 Versuchen.

Die Formen wurden	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	Reiner Cement 17% Wasser		1 + 3 Mörtel 9% Wasser		Reiner Cement 17% Wasser		1 + 3 Mörtel 9% Wasser	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
Stark geölt[2])	35,7	44,5	14,0	18,0	268,7	349,0	107,3	156,8
Von Oel gereinigt und mit Wasser benetzt	40,7	43,9	14,0	18,8	287,3	397,2	107,8	160,7

Ergebniß: Die Verwendung dickflüssigen, ölsäurehaltigen Oeles wirkt durch die Schwierigkeit des Entformens der Körper schädlich auf die Festigkeit ein.

Das starke Oelen der Formen hat fast allen Proben, den Zugproben aber nur in geringem Grade geschadet.

Schlußfolgerungen aus Reihe 20 und 21.

Das Oelen der Formen kann namentlich bei Anfertigung von Probekörpern aus reinem Cement nicht entbehrt werden, ist aber mit Vorsicht anzuwenden, da sonst die Festigkeit der Körper herabgeht.

Dünnflüssige Oele eignen sich besser als dickflüssige, weil die Form den Körper besser losläßt, wenn sie mit dünnflüssigem Oel bestrichen wurde.

(In der Versuchsanstalt hat sich die Mischung aus 3 Theilen Rüböl und 1 Theil Petroleum, die mit einem Pinsel dünn aufgestrichen wird, bewährt.)

[1]) Mit einer Mischung aus 3 Thl. Rüböl und 1 Thl. Petroleum.

[2]) Mit einem ölsäurereichen, dickflüssigen Oel.

c. Einfluß des Einfüllens des Mörtels in die Formen.

An einzelnen Versuchsstellen berechnet man zum Zwecke der Herstellung gleicher Dichte von Zug- und Druckproben die zum Einrammen der Körper erforderliche Schlagarbeit auf die Gewichtseinheit der Trockensubstanz.

Nach Antrag des Obmannes der Unterkommission 5 der IV. ständigen Kommission für die Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien, Ingenieur Greil in Wien, dem die meisten Mitglieder der Kommission zugestimmt haben, soll unter Anwendung der Klebeschen Ramme mit 3,0 kg Fallgewicht und 0,5 m Hubhöhe die Rammarbeit für Druckproben

$$\frac{150 \cdot 3{,}0 \cdot 0{,}5}{750} = 0{,}3 \text{ mkg/g Trockensubstanz}$$

und entsprechend für Zugproben mit 2,0 kg Fallgewicht und 0,25 m Fallhöhe

$$\frac{120 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}25}{200} = 0{,}3 \text{ mkg/g Trockensubstanz}$$

betragen.

Eine Aenderung der Menge der Trockensubstanz von 750 bezw. 200 g würde hiernach eine Aenderung der Rammarbeit bewirken, und vielleicht auch eine veränderte Dichte und eine veränderte Festigkeit verursachen.

Durch Versuche war dies festzustellen, um so mehr, als die Zug- und Druckproben in der Versuchsanstalt in Folge Verwendung des Hammerapparates bisher nicht mit gleicher Schlagarbeit, bezogen auf die Gewichtseinheit der Mörtelsubstanz, eingeschlagen wurden, weil sich herausgestellt hatte, daß auch bei Anwendung gleicher Schlagarbeit in dem erwähnten Sinne keine gleichmäßige Dichte der Zug- und Druckproben erzielt wird, die Zugproben vielmehr immer größere Dichte haben, als die Druckproben.

Besonderen Versuchen muß vorbehalten bleiben, zu ermitteln, wie die Rammarbeit geändert werden muß, damit Zug- und Druckproben gleiche Dichte erhalten, falls ferner seitens der Interessenten hierauf noch Werth gelegt werden sollte.

Es war deshalb zunächst lediglich festzustellen, welchen Einfluß die Menge des in die Formen zu schlagenden Mörtels auf das Festigkeitsergebniß ausübt, und es sollte ferner ermittelt werden, ob Unterschiede entstehen, wenn der Mörtel nicht gleichmäßig in den Formen vertheilt, sondern in irgend einer Weise an einer Stelle im Füllkasten stärker angehäuft wurde, als an der anderen.

Da anzunehmen war, daß die Art des Rammapparates, ob Böhmes Hammer oder Klebes Ramme, bei sonst gleichbleibenden Umständen auf diese Versuche ohne erheblichen Einfluß ist, wurden die Versuche nur mit den Hammerapparaten nach Böhme angestellt.

Reihe 22.

α. Einfluß der Mörtelmenge auf Dichte und Festigkeit von Zug- und Druck-Probekörpern.

Unter Benutzung des in Reihe 19 näher charakterisirten Cementes wurden in der Mischung 1 : 3 aus je 170 g, 180 g und 200 g mit 9% Wasser befeuchteter Mörtelmasse je 20 Zugproben und aus je 820 g, 860 g und 900 g derselben Mörtelmasse je 20 Druckproben normenmäßig eingeschlagen.

Das Gewicht des Hammers betrug 2 kg, die Hubhöhe war 0,225 m.

Demnach betrug die Rammarbeit des Hammers, bezogen auf 1 g Trockensubstanz

für die Zugproben a) $\frac{150 \cdot 2 \cdot 0{,}225}{170 - 15{,}3} = 0{,}44$ mkg

b) $\frac{67{,}5}{180 - 16{,}2} = 0{,}41$ mkg

c) $\frac{67{,}5}{200 - 18} = 0{,}37$ mkg

für die Druckproben a) $\frac{67{,}5}{820 - 73{,}8} = 0{,}090$ mkg

b) $\frac{67{,}5}{860 - 77{,}4} = 0{,}086$ mkg

c) $\frac{67{,}5}{900 - 81} = 0{,}082$ mkg

Nach 6 bezw. 27 Tagen Wasserlagerung wurden die Körper auf Festigkeit geprüft, nachdem unmittelbar vor dem Versuch alle Proben einzeln gewogen und ihre Raumgewichte berechnet worden waren.

Die mittleren Raumgewichte r und die Ergebnisse der Festigkeitsprüfung σ_B in kg/qcm sind in Tab. 32 zusammengefaßt.

Tabelle 32 (Reihe 22). **Einfluß der Mörtelmenge auf die Dichte und die Festigkeit der Probekörper.**

Serien-Nr.	Mörtelmenge	Zugproben				Mörtelmenge	Druckproben			
		7 Tage alt		28 Tage alt			7 Tage alt		28 Tage alt	
	g	r	σ_B	r	σ_B	g	r	σ_B	r	σ_B
a	170	2,285	14,1	2,297	19,6	820	2,208	118,7	2,210	163,9
b	180	2,260[1])	14,0	2,260[1])	19,0	860	2,183[1])	113,1	2,183[1])	164,0
c	200	2,255	13,5	2,260	18,8	900	2,198	110,6	2,200	159,8

Ergebniß: Mit der steigenden Mörtelmenge, also der fallenden spezifischen Schlagarbeit nimmt die Dichte der Körper und die Festigkeit der Körper innerhalb gewisser Grenzen ab, wenn sonst alle maßgebenden Faktoren gleichbleiben.

(Um das Gesetzmäßige dieser Beziehungen und die zulässigen Grenzen der Mörtelmengen zu ermitteln, sind größere Versuchsreihen erforderlich und in Aussicht genommen.)

Schlußfolgerung.

Es ist nothwendig, für Zug- wie für Druckproben bestimmte Mörtelmengen ein- für allemal beizubehalten.

Der in jede Form einzufüllende Mörtel ist also abzuwiegen.

β. Einfluß der Art des Einfüllens des Normenmörtels.

Wenn sich mit der Menge des zum Einschlagen in die Formen gebrachten Mörtels Dichte und Festigkeit der Zug- und Druckproben ändern, so stand zu befürchten, daß eine ungleichmäßige Verdichtung des Körpers in seinen einzelnen Theilen durch ungleichmäßiges

[1]) Ermittelt nach 24 Stunden, deshalb mit den unmittelbar vor dem Versuch ermittelten Raumgewichten nicht direkt in Vergleich zu stellen.

Einfüllen des losen Mörtels entstehen und die Festigkeit nach der einen oder anderen Seite hin beeinflussen könne.

Im Cementfabrikantenverein führte E. Dyckerhoff aus[1]): „Wird der Mörtel durch die Maschine gestampft, so werden die dichter zusammen lagernden Schichten auch dichter und fester zusammen gestampft, als daneben liegende, weniger satt geschichtete Mörtellagen, da der ziemlich trockene Mörtel durch das Stampfen sich nicht seitlich verschiebt und deshalb die weniger dichten Schichten auch nicht ausfüllen wird. Je je dünneren und sorgfältig vertheilten Schichten der Mörtel also eingefüllt wird, um so größer wird die gleichmäßige Dichtigkeit und um so höher in Folge dessen die Festigkeit werden." „Dichtigkeit ist Festigkeit." Auch Schott hielt es für wichtig, daß die in drei Portionen eingebrachte Masse gleichmäßig in die Form gefüllt und eingeebnet wird.

Wir werden später sehen, welche Irrthümer hierin enthalten sind.

Bei Gelegenheit des Besuches einer Cementfabrik wurde die Beobachtung gemacht, daß der Laborant den losen Mörtel in die Zugformen so einfüllte, daß der Mörtel über dem Zerreißungsquerschnitt der Form höher lag, als an den Enden, wo er mit den Fingern etwas eingedrückt wurde.

Dieselbe Beobachtung wurde später auch bei einer Militärbehörde gemacht.

Das gab Veranlassung, das Verfahren in der Versuchsanstalt zu wiederholen.

Reihe 23.

Zugproben.

Unter Benutzung des in Reihe 19 in seinen Eigenschaften geschilderten Cementes wurden aus der Mischung 1 + 3 mit 9% Wasser normenmäßig mit dem Hammerapparat Zugproben eingeschlagen und zwar

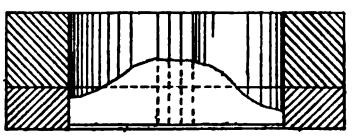


Fig. 7.

a) 20 Proben aus je 180 g feuchtem Mörtel, der in gewöhnlicher Weise gleichmäßig und eben eingefüllt wurde.

b) 20 Proben aus je 180 g feuchtem Mörtel, der nach der Mitte der Probe zu stark angehäuft und an den äußeren Seiten mit den Fingern eingedrückt wurde, etwa wie die Skizze Fig. 7 zeigt.

Die Proben gelangten nach 7- und 28tägiger normaler Wassererhärtung zur Prüfung und lieferten die in Tab. 33 zusammengestellten mittleren Ergebnisse.

Tabelle 33 (Reihe 23). **Einfluß der Art des Einfüllens des Normenmörtels in die Zugformen.**

Mittelwerthe aus je 10 Versuchen.

Einfüllmethode	Zugfestigkeit kg/qcm		Raumgewicht der Proben 24 Std. nach dem Einschlagen
	7 Tage alte Proben	28 Tage alte Proben	
a	18,7	22,9	2,260
b	18,8	22,2	2,260

Ergebniß: Die ungleichmäßige Anhäufung des Mörtels in den Zugformen vermag Dichte und Zugfestigkeit der Körper nicht zu verändern.

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten 1885 S. 62.

Reihe 24.

Druckproben.

Ob für Druckproben eine ungleichmäßige Anhäufung des Mörtels in der Form von Einfluß ist, konnte aus den Ergebnissen der Zugproben nicht ohne Weiteres geschlossen werden, da aus dem Verhältniß der Schlagarbeit zur Dichte bekannt ist, wie beide Körper sich unter dem Einfluß der Schläge verschieden verhalten, also augenscheinlich ihre einzelnen Theilchen in anderer, der geometrischen Form der Körper entsprechenden Weise lagern.

Deshalb wurden mit Druckproben besondere Versuche angestellt und noch dahin erweitert, daß auch der Einfluß des dichten und des undichten Einfüllens des Mörtels in die Form festgestellt werden konnte.

Es wurden nämlich aus demselben Cement wie in Reihe 23 zusammen 60 Druckproben aus der Mischung 1 : 3 mit 9% Wasser normenmäßig mit dem Hammerapparat eingeschlagen und zwar:

a) 20 Würfel aus 860 g feuchten Mörtels, der lose in die Formen geschüttet wurde, so daß der Mörtel in dem Füllkasten eine horizontale Ebene bildete.

b) 20 Würfel aus 860 g feuchten Mörtels, der lose, doch so eingeschüttet wurde, daß er auf der einen Seite wesentlich höher lag als auf der anderen. (Die hohe Seite wurde nach dem Abstreichen des Würfels gezeichnet und beim Zerdrücken im Vergleich zu der niederen beobachtet.)

c) 20 Würfel aus 860 g feuchten Mörtels, der mit dem Spatelstiel eingestampft und auf der Oberfläche geebnet wurde.

Die Mittelwerthe der Versuchsergebnisse sind in Tab. 34 zusammengestellt; besonders sei erwähnt, daß bei der Reihe b abweichende Zerstörungserscheinungen gegenüber den anderen Würfeln, etwa einseitiges Zerdrücken, nicht beobachtet wurden.

Tabelle 34 (Reihe 24). **Einfluß der Art des Einfüllens des Normenmörtels in die Druckformen.**

Mittelwerthe aus je 10 Versuchen.

Einfüllmethode	Druckfestigkeit kg/qcm		Raumgewicht der Proben 24 Std. nach dem Einschlagen
	7 Tage alte Proben	28 Tage alte Proben	
a	102,9	153,1	2,234
b	104,6	149,3	2,234
c	115,7	165,9	2,259

Ergebniß: Die ungleichmäßige, lose Anhäufung des Mörtels in den Würfelformen vermag weder das Raumgewicht noch die Festigkeit der eingeschlagenen Körper wesentlich zu beeinflussen; indessen gewinnen die Körper an Dichte und Festigkeit beim festen Eindrücken der Mörtelmasse in die Formen vor der normenmäßigen Verdichtung der Würfel durch 150 Hammerschläge.

Auch diese Einflüsse müssen noch durch größere Versuchsreihen näher untersucht werden.

Schlußfolgerung aus Reihe 23 und 24.

Lose in die Formen eingefüllter Mörtel erzielt übereinstimmende Festigkeiten, dagegen wird die Festigkeit durch Einpressen des Mörtels in die Formen unkontrolirbar erhöht. Zweifellos wird sich Dichte und Festigkeit mit dem Grad der

Pressung des Mörtels vor dem Einschlagen durch den Apparat ändern. Dies festzustellen muß besonderen Versuchen vorbehalten bleiben.

Reihe 25.

Die mit der Reihe 24 gemachten Erfahrungen und die Beobachtung, daß beim Zerdrücken von Würfeln aus **reinem** Cement — centrische Einspannung der Würfel in die Presse vorausgesetzt — stets derjenige Theil des Würfels zuerst Zerstörungserscheinungen aufwies, welcher in der Form unten gestanden hatte, und dann erst der obere Theil des Würfels — der in der Presse seitlich zu liegen kommt, da die Würfel bei der Prüfung um 90° gedreht werden — in eigenthümlicher Weise zerstört wurde, gaben Veranlassung, die Dichte der Druckproben in ihren einzelnen Theilen zu untersuchen.

Dazu ist zu bemerken, daß in der Versuchsanstalt Würfel aus reinem Cement in der Weise hergestellt werden, daß eine abgewogene Menge erdfeuchten (also mit 16—18% Wasser bereits verrührten) Cementes in einzelnen Schichten in die Form gebracht und schichtweise mit dem Spatelstiel festgestampft wird, bis die Form gehäuft voll ist. Dann wird mit dem 1100 g schweren Spatel der Cement erst mit kurzen und leichten, dann mit kräftigeren Schlägen bis zum Plastischwerden bearbeitet und schließlich abgeglättet.

Darauf wird die Form etwas gelöst und der Würfel in der Form bis zum nächsten Tage in einen feuchten Kasten gesetzt.

Derartig hergestellte Würfel sind in der Mitte gespalten und das Raumgewicht der oberen und der unteren Stücke ist bestimmt worden.

Dabei ergaben sich die in Tab. 35 enthaltenen Resultate.

Tabelle 35 (Reihe 25). **Verschiedenheit der Dichte in den oberen und unteren Schichten von Würfeln aus reinem Cement.**

Versuchs-Nummer	Raumgewicht r	
	Oberer Theil des Würfels	Unterer Theil des Würfels
1	2,077	1,815
2	2,014	1,828
3	2,004	1,943
4	2,000	1,886
5	2,002	1,841
6	2,001	1,823
7	2,046	1,834
8	2,029	1,920
Mittel	2,022	1,861

Ergebniß: Die Unterschiede in dem Dichtigkeitsgrade der oberen und der unteren Würfeltheile sind in die Augen springend und erklären die oft beobachtete ungleichmäßige Festigkeit der Würfel aus reinem Cement.

Reihe 26.

Die geschilderte Beobachtung hat Veranlassung gegeben, die Herstellung der reinen Cementproben für Druck in der Weise zu ändern, daß jetzt der Cement schichtenweise mit einem Rammholz (vgl. Skizze Fig. 8) in die Formen gestampft und dann von oben mit dem Spatel bis zum Plastischwerden geschlagen wird. Dann wird die Form umgedreht und die Füllung von unten nochmals mit dem Spatel bearbeitet, bis auch hier die Masse sich völlig plastisch zeigt.

Mehrere in dieser Weise hergestellte Würfel wurden nach dem Erhärten parallel zu ihren Lagerflächen in drei annähernd gleiche Theile zerschnitten und diese Theile für sich auf Raumgewicht untersucht.

Dabei ergaben sich die in Tab. 36 enthaltenen Werthe.

Fig. 8.

Tabelle 36 (Reihe 26). **Verschiedenheit der Dichte in den oberen, mittleren und unteren Schichten von Würfeln aus reinem Cement, die beiderseitig gestampft wurden.**

Versuchs-Nummer	Raumgewicht r		
	Oberer Theil des Würfels o	Mittlerer Theil des Würfels m	Unterer Theil des Würfels u
1	2,058	2,111	2,120
2	2,051	2,078	2,111
3	2,033	2,074	2,098
4	2,044	2,078	2,104
Mittel	2,047	2,085	2,108

Ergebniß: Die Unterschiede in der Dichtigkeit der einzelnen Schichten sind geringer geworden, doch sind jetzt die untersten Schichten die dichtesten, die oberen die am wenigsten dichten.

Schlußfolgerungen aus Reihe 25 und 26.

Würfel aus reinem Cement lassen sich nur schwer mit in allen Schichten gleichbleibender Dichte einstampfen. Die Schläge des Hammers sind zu leicht oder nicht zahlreich genug. Das Rammverfahren für diese Körper müßte auf Grund von Versuchen geändert werden.

Reihe 27.

Um zu prüfen, ob etwa auch die mit dem Hammerapparat eingeschlagenen Würfel der 1 + 3 Normalmischung nach oben oder nach unten hin abnehmende Dichte zeigen, habe ich die gleichen Versuche auch mit Normenwürfeln wiederholt und dabei die Werthe der Tab. 37 gefunden.

Tabelle 37 (Reihe 27). **Verschiedenheit der Dichte in den oberen und unteren Schichten von Würfeln aus 1 + 3 Mörtel.**

Versuchs-Nummer	Raumgewicht r	
	Oberer Theil des Würfels	Unterer Theil des Würfels
1	2,094	2,063
2	2,091	2,088
3	2,078	2,066
Mittel	2,088	2,072
1	2,125	2,101
2	2,125	—
3	2,111	—
Mittel	2,119	2,101
1	2,141	2,069
2	2,133	2,086
Mittel	2,137	2,078
1	2,163	2,109
2	2,130	2,127
Mittel	2,147	2,118

Ergebniß: Das Einschlageverfahren der Normenmörtel 1 : 3 mit dem Hammerapparat liefert Würfel von annähernd gleicher Dichte in den oberen und unteren Schichten.

Die Raumgewichte der unteren Schichten sind nur unwesentlich geringer als die der oberen.

d. Einfluß der Schlagarbeit.

a. Zahl der Hammerschläge.

Schon bei Besprechung des Einflusses der einzuschlagenden Mörtelmenge auf Raumgewicht und Festigkeit der Normenmörtelproben ist die Frage der Rammarbeit gestreift und darauf hingewiesen worden, daß große Versuchsreihen nothwendig sein werden, diese Frage endgültig zu entscheiden. R. Dyckerhoff hat 1885 im Cementfabrikantenverein[1]) nachgewiesen, daß, wenn man mit demselben Cement an verschiedenen Versuchsstellen gleiche Festigkeitsergebnisse erzielen will, es nicht allein darauf ankommt, daß Probekörper von gleichem Raumgewicht hergestellt werden, oder daß bei Erzeugung der Probekörper die gleiche Arbeit aufgewandt wird, sondern daß derselbe Arbeitsaufwand auch in derselben Weise geleistet werden muß.

Die nachstehend mitgetheilten Versuche sollen zur Lösung der seitdem mehrfach wieder aufgenommenen Frage lediglich einen Beitrag liefern. Sie bezwecken, den Grad der steigenden Verdichtung der Probekörper mit der wachsenden Zahl der Hammerschläge, also der größeren Rammarbeit zu untersuchen, und damit einen Vergleich des Böhmeschen Hammers mit der Klebeschen Ramme zu verbinden.

Reihe 28.

Aus einem durchaus normalen, vorher erprobten Portland-Cement wurden in der normenmäßigen Mischung aus 1 Gewichtstheil Cement und 3 Gewichtstheilen Normalsand gleichmäßig mit 9,5 % Wasser je 80 Zug- und 80 Druckproben mit dem Hammer und ebenso viele mit der Ramme hergestellt, und zwar je 10 mit 50 — 70 — 90 — 110 — 130 — 150 — 170 und 200 Schlägen. Für die Zugproben wurden 180 g feuchter = 163 g trockener Mörtel, für die Druckproben 860 g feuchter = 778 g trockener Mörtel verwendet. Um annähernd gleiche Verhältnisse zu schaffen, wurden auf Klebes Ramme alle Körper, also auch die Druckproben mit dem 2 kg Gewicht und 25 cm Hubhöhe eingeschlagen.

Alle Körper wurden nach 28 Tagen Wassererhärtung und nach sorgfältiger Abtrocknung einzeln gewogen und dann im Wasser wieder gewogen. Aus absolutem Gewicht und Rauminhalt, bestimmt durch Eintauchen in Wasser, wurde dann für jeden Körper das Raumgewicht unmittelbar vor der Prüfung bestimmt.

Aus Gründen der Raumersparniß sind in der Tab. 38 nur die Mittelwerthe aus je 10 Versuchen zusammengestellt.

---

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Cementfabrikanten 1886, S. 62.

Tabelle 38 (Reihe 28). Raumgewichte und Festigkeiten von Zug- und Druckproben nach Verdichtung durch 50—200 Schläge.

Mörtelmischung 1 + 3 · 9,5 % Wasser. 28 Tage alte Proben.

Zahl der Schläge des Hammers bezw. des Rammgewichtes	Zugproben			Druckproben		
	Rammarbeit mkg	Raumgewicht r	Zugfestigkeit kg/qcm	Rammarbeit mkg	Raumgewicht r	Druckfestigkeit kg/qcm
Böhmes Hammer						
50	0,14	*2,260*	19,5	0,029	*2,197*	154,2
70	0,19	*2,290*	20,3	0,040	*2,219*	173,4
90	0,25	*2,298*	21,8	0,052	*2,238*	188,7
110	0,30	*2,314*	23,2	0,064	*2,240*	180,9
130	0,36	*2,325*	21,7	0,075	*2,257*	191,6
150	0,41	*2,327*	23,2	0,087	*2,265*	199,0
170	0,47	*2,331*	22,1	0,098	*2,265*	197,6
200	0,55	*2,328*	21,4	0,116	*2,272*	212,9
Klebes Ramme[1])						
50	0,15	*2,267*	19,7	0,032	*2,197*	145,7
70	0,21	*2,274*	19,6	0,045	*2,217*	165,4
90	0,28	*2,288*	20,3	0,058	*2,237*	176,5
110	0,34	*2,292*	21,8	0,071	*2,252*	175,9
130	0,40	*2,317*	21,1	0,083	*2,255*	178,9
150	0,46	*2,334*	24,5	0,096	*2,255*	197,5
170	0,52	*2,333*	22,6	0,109	*2,257*	194,3
200	0,61	*2,338*	22,4	0,129	*2,266*	193,1

Raumgewichte und Festigkeiten sind außerdem in Fig. 9 (Seite 58) zeichnerisch aufgetragen und zwar bedeuten in dem Schaubilde die starken Linien

A. Zugfestigkeit der Proben von Böhmes Hammer
B. Druckfestigkeit „ „ „ „ „ ($^1/_{10}$ Ordinatenhöhe)
C. Zugfestigkeit „ „ „ Klebes Ramme
D. Druckfestigkeit „ „ „ „ „ ($^1/_{10}$ Ordinatenhöhe)

Die schwachen Linien A, B, C, D sind die zugehörigen Raumgewichte.

Die stark punktirten Linien stellen die Ausgleichskurven für die Zugfestigkeiten bezw. Druckfestigkeiten dar. Die Zugkurve folgt vermuthlich bis zu 110 Schlägen dem Verlaufe der Druckkurve, wie durch die kleinen Kreise ○○○○ angedeutet ist.

Ergebniß: Schlagarbeit, Raumgewicht und Festigkeit stehen nicht im gleichen Verhältniß zu einander.

Mit der wachsenden Schlagarbeit steigt das Raumgewicht bis zu einem gewissen Punkte und bleibt dann annähernd gleich, während die Festigkeit ebenfalls bis zu diesem Punkte wenn auch in anderem Verhältnisse steigt, dann aber, wie es scheint, zurückgeht. Durch weiter fortgesetzte Versuche könnte dies mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Das höchste Raumgewicht und die höchste Festigkeit erreichen die Körper annähernd bei 150 Schlägen des 2 kg Hammers und der 2 kg Ramme.

Bei den Zugproben ist dies deutlich ausgesprochen, bei den Druckproben zeigt sich in der Reihe mit Böhmes Hammer eine Abweichung nach 200 Schlägen, die möglicherweise auf Zufälligkeiten beruht.

[1]) Für alle Proben 2 kg Rammgewicht und 25 cm Hubhöhe.

Eine nennenswerthe Steigerung der Feſtigkeit und des Raumgewichtes durch Vermehrung der Schläge des 2 kg Gewichtes über 150 hinaus iſt nicht zu erwarten. Ob die Feſtigkeit der Druckproben durch Anwendung eines ſchwereren Gewichtes (3 kg) und größerer Fallhöhe (50 cm) ſich ſteigern läßt, müßte durch beſondere Verſuche feſtgeſtellt werden.

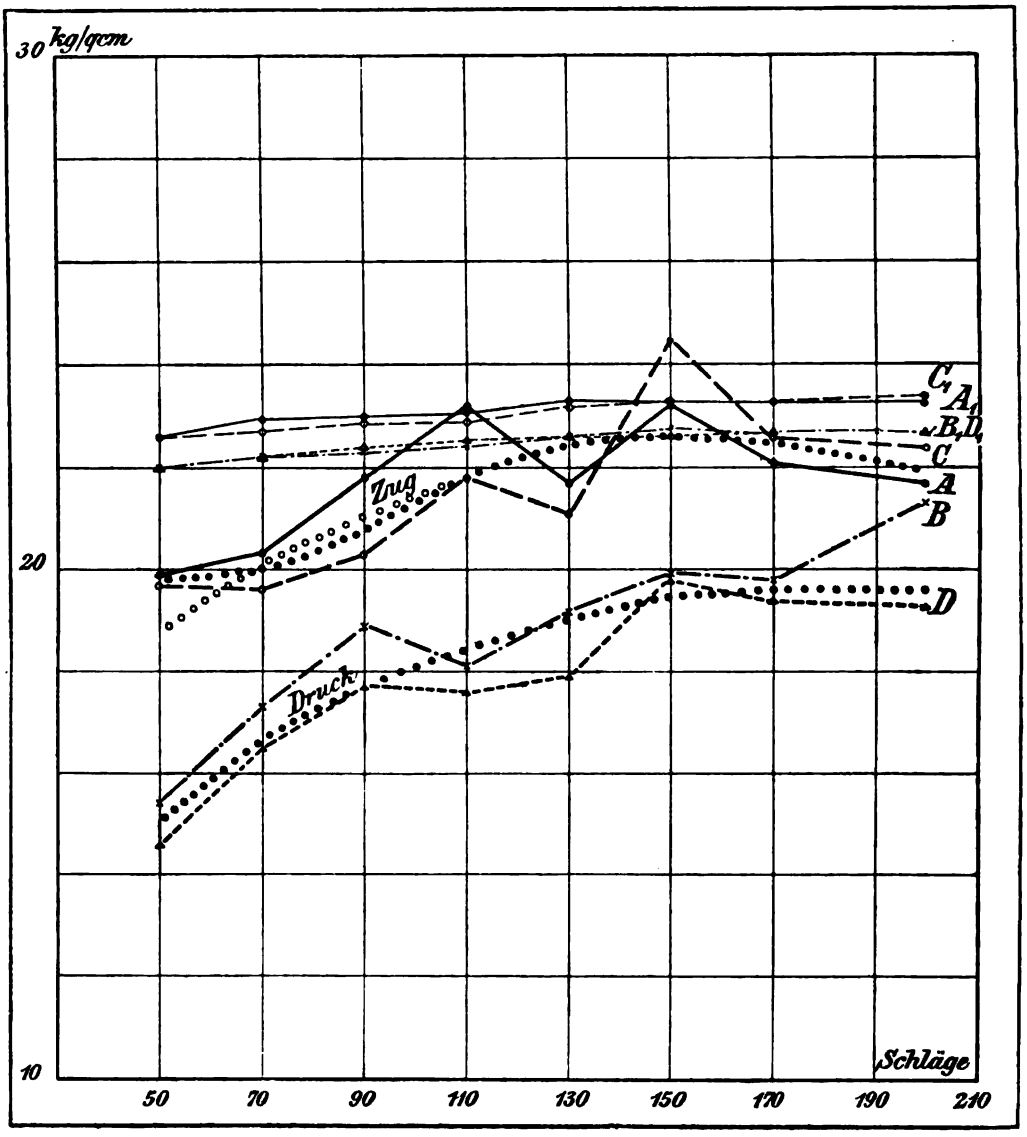


Fig. 9.

Beſondere Verſuche müßten auch Aufſchluß geben über die Aenderung der Feſtigkeit bei gleicher Arbeit, aber bei übertriebener Veränderung der Faktoren des Produktes $A = g \cdot h$.

β. Geſchwindigkeit der Hammerſchläge.

Die Beobachtung, daß an verſchiedenen Verſuchsſtellen der Hammer mit ſehr verſchiedener Geſchwindigkeit arbeitet, je nachdem er durch Maſchinenkraft oder von Hand betrieben wird und je nachdem wie der betreffende Laborant ſich gewöhnt hat, zu arbeiten, legte

den Gedanken nahe, festzustellen, ob etwa die Zeit, in welcher die einzelnen Hammerschläge auf einander folgen, auf die spätere Festigkeit der werdenden Körper von Einfluß ist.

Reihe 29.

Verwendet: a) Ein guter Portland-Cement.

Erhärtungsanfang . . . . $^3/_4$ Stunden.
Abbindezeit . . . . . 2 „
Wärmeerhöhung . . . . . 4,3 C°.

Des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,288.
„ „ „ eingerüttelt 2,066.

			Zwischen je 2 Sieben
Rückstand auf 5000 Maschen	26,0 %	}	74,0 %
„ „ 900 „	1,4 „	}	24,6 „
„ „ 600 „	0,6 „	}	0,8 „
„ „ 324 „	0,0 „	}	0,6 „

b) Normalsand der Versuchsanstalt.

Des Normalsandes Litergewicht eingelaufen 1,409.
„ „ „ eingerüttelt 1,692.

Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1 : 3 = 9,5 %.

Mit Absicht wurde ein mittelbindender Cement gewählt, weil anzunehmen ist, daß auf einen solchen die Zeit des Einrammens größeren Einfluß hat als auf einen sehr langsam bindenden.

Aus der Normenmischung des Cementes wurden je 20 Zug- und 20 Druckproben hergestellt, und zwar:

a) bei sehr schneller Folge der Hammerschläge (150 Schläge in 1 Min. 49 Sek.),
b) „ „ langsamer „ „ „ (150 „ „ 4 „ 30 „).

(Die gebräuchliche Zeit liegt ungefähr in der Mitte, 3 Minuten für 150 Schläge).

Alle Proben erhärteten normenmäßig unter Wasser und wurden nach 7 bezw. 28 Tagen geprüft. — Die Ergebnisse sind nach steigenden Festigkeiten geordnet in Tab. 39 zusammengefaßt.

Tabelle 39 (Reihe 29). **Einfluß der Geschwindigkeit der Hammerschläge auf Zug- und Druckfestigkeit der Normenmörtel.**

Des Cementes Abbindezeit: 2 Stunden.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	7 Tage alte Proben		28 Tage alte Proben		7 Tage alte Proben		28 Tage alte Proben	
	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge
1	18,4	16,8	28,5	26,0	152,8	165,4	236,4	257,4
2	18,6	17,0	29,4	26,7	154,0	165,6	236,6	260,6
3	19,0	19,3	29,5	27,6	155,6	167,0	244,0	260,8
4	19,3	19,3	29,7	27,9	156,0	170,0	245,4	262,6
5	19,4	20,2	29,8	28,0	156,8	172,6	245,6	262,8
6	19,4	20,4	30,7	28,3	158,0	173,6	246,4	263,4
7	19,6	20,9	30,7	28,5	158,8	178,8	249,6	266,4
8	19,8	21,4	31,2	29,6	159,6	180,2	249,8	275,6
9	20,6	22,4	31,7	29,7	162,6	183,0	253,6	277,8
10	23,5	23,7	32,3	30,4	163,0	184,0	267,6	278,2
Mittel	19,8	20,1	30,4	28,3	157,7	174,0	247,5	266,6
Mittleres Gewicht nach 24 Std.	157 g	157 g	157 g	157 g	788 g	784 g	788 g	784 g

Ergebniß:. Die sehr langsamen Schläge des Hammers wirkten in geringem Maße schädlich auf die Zugfestigkeit der Körper in Mischung 1:3 ein, erhöhten dagegen erheblich die Druckfestigkeit.

Reihe 30.

Die Versuche der Reihe 29 wurden mit einem schnell bindenden Cement wiederholt.

Des Cementes Erhärtungsanfang . . . . . 10 Minuten.
Abbindezeit . . . . . 50 „
Wärmeerhöhung . . . . . 4 C°.
Litergewicht eingelaufen . . . 1,230.
„ eingerüttelt . . . 1,977.
Spezifisches Gewicht . . . . 3,082.
Glühverlust . . . . . 2,09 %.

Rückstand auf 5000 Maschen . .	18,0 %		82,0 %	
„ „ 900 „ . .	1,6 „	} . .	16,4 „	Zwischen den Sieben.
„ „ 600 „ . .	0,5 „	} . .	1,1 „	
„ „ 324 „ . .	0,3 „	} . .	0,2 „	
„ „ 180 „ . .	0,0 „	} . .	0,3 „	

Des Normalsandes Litergewicht eingelaufen . . 1,390.
„ „ „ eingerüttelt . . 1,683.
Normenmäßiger Wasseranspruch der Mischung 1:3 = 10 %.

Aus der Normenmischung dieses schnellbindenden Cementes wurden unter Beobachtung größtmöglicher Sorgfalt je 20 Zug- und 20 Druckproben hergestellt, und zwar:

a) bei sehr schneller Folge der Hammerschläge (150 Schläge in 1 Min. 49 Sek.),
b) „ „ langsamer „ „ „ (150 „ „ 4 „ 30 „).

Alle Proben erhärteten normenmäßig unter Wasser und wurden nach 7 bezw. 28 Tagen geprüft. — Die Ergebnisse sind nach steigenden Festigkeiten geordnet in Tab. 40 zusammengefaßt.

Tabelle 40 (Reihe 30). **Einfluß der Geschwindigkeit der Hammerschläge auf Zug- und Druckfestigkeit der Normenmörtel.**

Des Cementes Abbindezeit: 50 Minuten.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm				Druckfestigkeit kg/qcm			
	7 Tage alte Proben		28 Tage alte Proben		7 Tage alte Proben		28 Tage alte Proben	
	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge	Schnelle Folge	Langsame Folge
1	15,0	15,0	23,1	21,1	128,0	133,6	198,0	200,4
2	15,2	15,0	23,2	21,5	128,4	134,0	204,4	201,0
3	16,1	15,9	24,3	21,8	131,0	136,0	205,2	212,0
4	16,5	16,2	24,3	23,0	131,8	136,8	206,2	213,0
5	16,8	17,5	24,8	23,0	132,0	139,0	207,0	214,6
6	18,3	17,8	24,9	23,4	133,6	139,8	208,0	215,0
7	18,8	17,9	24,9	23,7	134,0	140,0	208,0	216,0
8	19,4	18,3	25,1	25,5	134,0	140,0	209,0	218,4
9	19,4	19,0	25,8	26,8	136,4	141,4	209,0	219,8
10	19,8	19,5	26,3	27,8	139,4	142,0	217,4	226,0
Mittel	**17,5**	**17,2**	**24,7**	**23,8**	**132,9**	**138,3**	**207,2**	**213,6**
Mittleres Gewicht nach 24 Std.	157 g	156 g	157 g	156 g	786 g	784 g	786 g	784 g

Ergebniß: Die sehr langsamen Schläge des Hammers wirkten in geringem Maße schädlich auf die Zugfestigkeit der Körper in Mischung 1:3 ein, erhöhten dagegen die Druckfestigkeit.

Schlußfolgerungen aus den Reihen 28 bis 30.

Mit 150 Schlägen des 2 kg-Hammers wurde annähernd die größte Dichte von Zug- und Druckproben und die höchste Festigkeit erreicht.

Die verringerte Geschwindigkeit der Schlagfolge vermochte die Zugfestigkeit schnell- und mittelbindender Cemente nach unten, die Druckfestigkeit nach oben hin zu beeinflussen; will man deshalb vergleichbare Zahlen erhalten, so wird man die mittlere Schlaggeschwindigkeit von 50 Schlägen in der Minute inne halten müssen.

Weitere Versuche müssen erst darthun, ob die gemachten Beobachtungen gesetzmäßig bei allen Cementen wiederkehren.

III. Entformen der Proben.

Wenn die Cementprobekörper der Normensandmischung den Formen entnommen werden, sind die Zugproben erst wenige Minuten, die Druckproben 24 Stunden alt; die Zugproben sind mithin noch weich und leicht geneigt, sich zu verziehen oder zu reißen.

Die Handhabung dieser empfindlichen Körper setzt daher eine gewisse Handgeschicklichkeit voraus, die vorhanden sein muß, wenn man einigermaßen in Aussehen und Festigkeit übereinstimmende Proben erhalten will. Versuche, mechanische Entformung einzuführen, sind bis jetzt fehlgeschlagen.

Die Art, wie die Entformung von Hand vor sich gehen soll, ist schwer zu beschreiben und wird am besten dem einzelnen Laboranten überlassen, der sich mit der Zeit eine gewisse Uebung aneignen wird, mit deren Hülfe es ihm gelingt, Körper auf die eine oder die andere Art gleichmäßig zu entformen.

Bei dem Besuche vieler Fabriken und Versuchsstellen habe ich gesehen, wie verschieden das Entformen gehandhabt wird und wie es trotz mancher Abweichungen gelingt, befriedigend übereinstimmende Körper herzustellen, wenn der Probenmacher auf diese Arbeit eingeübt ist.

Mit ungeübten Leuten werden sich allerdings niemals befriedigende Ergebnisse erzielen lassen. Es ist einleuchtend, daß alle Sorgfalt beim Mischen des Mörtels und beim Einschlagen der Proben vergebens ist, wenn die noch weichen, überaus empfindlichen Proben beim Entformen durch Ungeschicklichkeit in ihrem Zusammenhang geschädigt werden.

Aber auch der geübte Probenmacher eignet sich, wie ich mehrfach beobachten konnte, oft Handgriffe und Gewohnheiten an, deren Einfluß auf das Verhalten und die werdende Festigkeit der Proben nicht von vorn herein übersehen werden kann. Davon soll in den folgenden Reihen die Rede sein.

a. Einfluß des Abschneidens und Glättens der Proben.

In der Versuchsanstalt werden, wie ich schon a. a. O.[1]) geschildert habe, die frisch eingeschlagenen Proben nach Vorschrift der Normen abgeschnitten:

„Man streicht nun das die Form Ueberragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche."

[1]) „Mittheilungen" 1896 S. 190.

Das Abstreichen geschieht in der Weise, daß mit dem Messer zunächst die überstehende Mörtelmasse vorsichtig abgeschnitten wird, doch so, daß noch ein Theil des Mörtels über die Form übersteht. Nun wird das Messer flach auf die Form gelegt und unter sanftem Druck und beständigem Hin- und Herziehen rückwärts bewegt. Der Messerrücken verdrängt hierbei langsam den überstehenden Mörtel und die Klinge glättet die Oberfläche des Körpers.

Seitens einer Cementfabrik erhielt die Versuchsanstalt davon Kenntniß, daß eine Militärbehörde beim Fertigmachen der Proben das die Form Ueberragende durch vertikale Schnitte mit einem Messer einkerbt und dann den überstehenden Mörtel scharf abschneidet. Man befürchtete eine Lockerung des Mörtels in der obersten Schicht des Probekörpers; auch war anzunehmen, daß durch das scharfe Abschneiden statt Abstreichen der Form alle jene Sandtheile mit anhaftendem Cement wieder aus der Form gerissen würden, welche theils oberhalb, theils unterhalb der Formoberkante liegen. Das Glätten der Oberfläche ist dann in Folge Fehlens dieser Theile nicht möglich und die Oberfläche der so hergestellten Probekörper sieht rauh aus. Da nicht bekannt war, ob hierdurch die Festigkeitsergebnisse beeinflußt werden, so mußten besondere Versuche nach dieser Richtung hin angestellt werden.

Reihe 31.

Aus einem beliebigen Cement wurden in der Mischung 1 : 3 normenmäßig 20 Druckproben eingeschlagen. Von diesen wurden

a) 10 in der üblichen, oben näher beschriebenen Weise abgestrichen und geglättet,

b) 10 mit der senkrecht gehaltenen Messerklinge bis auf die Form eingekerbt und dann scharf abgeschnitten. Die hierdurch entstehende rauhe, körnige Oberfläche wurde nicht geglättet.

Einige dieser Proben wurden nach der Entformung nach 24 Stunden gewogen und die Gewichte durchschnittlich

für a auf 782 g
„ b „ 778 g

festgestellt.

Alle Proben erhärteten normenmäßig und wurden bis auf die gewogenen Körper nach sieben Tagen geprüft (Tab. 41).

Tabelle 41 (Reihe 31). **Druckfestigkeit von 1 + 3 Mörtelproben, die in verschiedener Weise abgeschnitten wurden.**

Versuchs-Nummer	Druckfestigkeit kg/qcm 7 Tage alte Proben	
	Normengemäß abgeschnitten und geglättet a	Scharf abgeschnitten und nicht geglättet b
1	112,0	111,0
2	114,0	111,4
3	114,0	112,0
4	114,4	113,4
5	116,6	113,6
6	119,0	114,0
7	120,0	114,6
8	120,2	115,0
9	—	117,6
Mittel	116,3	113,6

Ergebniß: Die Druckfestigkeit von Normaldruckproben wird durch scharfes Abschneiden der Würfel über der Form in geringem Maße beeinträchtigt.

Reihe 32.

Da die Druckproben durch das scharfe Abschneiden und das unterlassene Glätten der Oberfläche in ihrer Festigkeit beeinträchtigt wurden, war anzunehmen, daß dies um so mehr bei Zugproben der Fall sein würde, bei denen die Gefahr vorliegt, daß bei dem scharfen Abschneiden aus dem kleinsten Querschnitt der Probe Sandkörnchen mit herausgerissen werden, wodurch der Querschnitt vermindert würde.

Deshalb wurden aus einem beliebigen Portland-Cement in Mischung 1 : 3 mit 9,5 % Wasser 30 Zugproben hergestellt, und zwar wurden:

a) 15 Proben wie üblich abgestrichen und vor dem Entformen auf Ober- und Unterseite sorgfältig geglättet;

b) 15 Proben glatt abgeschnitten und nicht geglättet.

Die Proben erhärteten normenmäßig und wurden nach 28 Tagen geprüft (Tab. 42).

Tabelle 42 (Reihe 32). **Zugfestigkeit von 1 + 3 Mörtelproben, die in verschiedener Weise abgeschnitten wurden.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm 28 Tage alte Proben	
	Abgestrichen und oben und unten geglättet a	Abgeschnitten und nicht geglättet b
1	17,5	14,5
2	17,7	14,6
3	18,7	16,0
4	19,2	16,5
5	19,7	16,7
6	19,9	17,3
7	20,2	17,9
8	20,3	17,9
9	21,2	18,2
10	21,2	18,4
11	21,4	18,6
12	22,2	19,9
13	22,3	20,0
14	23,2	21,4
15	23,8	21,6
Mittel	20,6	18,0

Ergebniß: Die Zugfestigkeit von Normalzugproben wird durch scharfes Abschneiden und unterlassenes Glätten der Proben beeinträchtigt.

Die Schwankungen zwischen den Einzelwerthen der geglätteten Proben sind geringer als die der scharf abgeschnittenen, ungeglätteten.

Reihe 33.

Um festzustellen, ob nicht lediglich das sorgfältige Glätten der Ober- und Unterfläche der Zugproben die Festigkeitsergebnisse erhöht habe, wurden die Versuche mit demselben Cement in derselben Mischung, aber mit 9 % Wasser wiederholt, und zwar wurden 45 Proben hergestellt, von denen

a) 15 abgestrichen und auf Ober- und Unterseite sorgfältig geglättet wurden;

b) 15 auf der Oberseite scharf abgeschnitten und nicht geglättet wurden;

c) 15 abgestrichen und nur auf der Oberfläche geglättet (normengemäß behandelt) wurden.

Die Ergebnisse enthält Tab. 43.

Tabelle 43 (Reihe 33). **Zugfestigkeit von 1 + 3 Mörtelproben, die in verschiedener Weise abgeschnitten wurden.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm 28 Tage alte Proben		
	Abgestrichen und oben und unten geglättet a	Abgeschnitten und nicht geglättet b	Abgestrichen u. nur oben geglättet (normgemäß) c
1	beschädigte Probe	17,6	19,1
2	18,2	18,0	19,2
3	18,2	18,1	19,5
4	18,3	18,9	19,5
5	19,0	19,2	19,6
6	19,2	19,2	20,0
7	19,8	19,6	20,7
8	20,1	19,7	20,8
9	20,1	19,8	20,9
10	20,1	19,8	20,9
11	20,7	20,1	21,1
12	20,9	20,6	21,2
13	21,4	20,6	21,8
14	22,0	22,1	21,9
15	22,5	22,8	22,0
Mittel	20,0	19,7	20,5

Ergebniß: Das normenmäßige Verfahren des Abstreichens und Glättens der Zugproben lieferte die gleichmäßigsten und höchsten Festigkeitszahlen.

Das Glätten der Unterseite der Zugproben scheint zwecklos zu sein.

Schlußfolgerungen aus Reihen 31 bis 33.

Wenn möglichst gleichmäßige und zuverlässige Festigkeitswerthe gewonnen werden sollen, müssen Zug- und Druckproben sorgfältig abgestrichen und auf der Oberfläche geglättet werden.

Oberflächliches Abschneiden ohne zu glätten verringert die Festigkeit und die Gleichmäßigkeit der Proben.

b. Einfluß der Zeitdauer des Belassens der Proben in der Form.

Normengemäß müssen — wie bereits erwähnt — die Zugproben sogleich nach dem Einschlagen, die Druckproben nach 24 Stunden entformt werden.

Die hierin liegende Ungleichmäßigkeit in der Behandlung der Zug- und Druckproben könnte befremden. Es sei deshalb an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die letztere Ausführungsbestimmung, das 24stündige Belassen der Druckproben in der Form betreffend, einer Anregung des Herrn Dr. Schumann zu danken ist, die derselbe in der Generalversammlung des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten im Jahre 1888 gab [1]). Herr Dr. Schumann fand bei wiederholten Kontrolprüfungen, daß die Proben, die in den Formen erhärtet waren, eine höhere Druckfestigkeit ergaben, als Proben, bei welchen die Formen gleich nach der Anfertigung abgenommen wurden.

[1]) Vergleiche Protokoll der Verhandlungen 1888, S. 25.

Bei aller Sorgfalt wollte es nicht gelingen, weder eine Uebereinstimmung in den Ergebnissen, die mit Probekörpern nach beiden Verfahren hergestellt waren, zu erzielen, noch auch nur eine Gleichmäßigkeit der Unterschiede zu erreichen.

Die Differenzen in den 28 Tagsfestigkeiten von Normendruckproben der Mischung 1 : 3 nach beiden Herstellungsarten schwankten nach Schumanns Angaben zwischen 7 und 14 %, so, daß die in der Form erhärteten Körper die höhere Festigkeit aufwiesen.

Dr. Schumann erklärte dies damit, daß der Probekörper sich beim Abnehmen der Form mehr oder weniger verschiebt, und daß vielleicht Sandkörner sich an die Oberfläche hängen, die dann beim Zerdrücken des Würfels keilartig wirken. Ist der Mörtel noch etwas nasser als normenmäßig, so werden die Unterschiede noch größer. Aber selbst, wenn der Mörtel trockener angemacht wurde, als es die Normen vorschreiben, so daß beim Einschlagen der Würfel der Wasseraustritt erst bei 150 Schlägen erfolgte, so war der Unterschied noch nicht beseitigt.

Auf Grund dieser Beobachtungen, die von anderer Seite Bestätigung fanden, wurde damals im Einvernehmen mit der damaligen Prüfungsstation für Baumaterialien beschlossen, zukünftig die Druckproben 24 Stunden in der Form erhärten zu lassen.

Ueber die Zugproben und deren Verhalten unter gleichen Voraussetzungen wurde damals noch nicht verhandelt.

Heute scheinen diese Vorgänge bereits in Vergessenheit gerathen zu sein, denn es wird gegen die Vorschrift des Belassens der Druckproben in der Form vielfach verstoßen, vermuthlich weil ihr geringe Bedeutung beigelegt und angenommen wird, ein etwas längeres oder kürzeres Verweilen der Proben in der Form vermöge die Festigkeit der Körper nicht zu beeinflussen. Aus ähnlichen Gründen werden vielfach die Zugproben längere Zeit in der Form belassen, ohne daß man sich klar darüber ist, ob hierdurch ihre Festigkeit beeinflußt wird, oder nicht.

Daß hierin Irrthümer liegen, war durch Versuche, insbesondere mit Zugproben nachzuweisen.

Gleichzeitig war der etwa vorhandene Unterschied in zwei Behandlungsarten der Zugproben während der Anfertigung festzustellen.

Reihe 34.

Der Einfluß gewisser Abweichungen in der Behandlung der Normenzugproben vom Einschlagen an bis nach der 24stündigen Lufterhärtung sollte festgestellt werden.

Dabei handelte es sich um folgende Verfahren:

A. Aelteres Verfahren. Der Mörtel wird mit Wasser 2½ Minute mit der Kelle und mit der Hand auf dem Tische gemischt. Nach 150 Schlägen des Hammerapparates (3 Minuten) wird der Körper mit der Form von der Grundplatte abgezogen und auf einer mit feuchtem Fließpapier belegten Schieferplatte abgesetzt. Wenn auf diese Weise 20 Formen mit den Körpern abgesetzt sind, werden die Körper der Reihe nach entformt und bleiben, mit feuchtem Fließpapier bedeckt, 24 Stunden stehen.

B. Neues Verfahren. Der Mörtel wird mit Wasser 5 Minuten mit der Kelle auf dem Tische gemischt.

Nach 150 Schlägen des Hammers (3 Minuten) wird der Körper mit der Form von der Grundplatte abgezogen und auf einer Glasplatte mit nassem Fließpapier abgesetzt. Dann wird die Form sogleich vorsichtig vom Körper gelöst und der Körper mit der Glasplatte in

einem flachen Zinkkasten abgesetzt. Der Deckel des Zinkkastens, der innen nassen Filz trägt, wird sogleich wieder geschlossen.

In dieser Weise wird mit jedem Körper einzeln verfahren, bis 20 Körper beisammen sind, die in dem verschlossenen Kasten 24 Stunden stehen bleiben.

Nach diesen beiden Verfahren wurden mit einem beliebigen Cement in Mischung 1 : 3 je 20 Zugproben hergestellt und nach 7 bezw. 28 Tagen geprüft. Die Ergebnisse sind in Tab. 44 enthalten.

Tabelle 44 (Reihe 34). **Zugfestigkeit von 1 + 3 Zugproben, die in verschiedener Weise entformt und abgesetzt wurden.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm			
	7 Tage alte Proben		28 Tage alte Proben	
	Verfahren A	Verfahren B	Verfahren A	Verfahren B
1	10,50	11,30	17,10	17,30
2	11,25	11,90	17,65	17,30
3	11,35	11,95	17,95	17,50
4	11,60	12,00	18,75	17,60
5	11,90	12,70	18,80	18,10
6	12,60	13,00	19,30	18,50
7	13,40	13,45	19,30	19,10
8	13,50	13,60	19,55	19,20
9	14,00	14,30	20,50	20,00
10	14,10	15,30	21,25	20,00
Mittel	12,42	12,95	19,02	18,46

Ergebniß: Beide Verfahren liefern annähernd gleiche Festigkeit.

Reihe 35.

Um den Einfluß des längeren Verweilens der Körper und zwar der Zug- und Druckproben in der Form zu kennzeichnen, waren umfangreichere Versuchsreihen erforderlich, die mit zwei langsam bindenden Portland-Cementen mittlerer Normenfestigkeit derart ausgeführt wurden, daß von jedem Cement je 20 Zug- und Druckproben der Mischung 1 : 3

a) sofort nach dem Einschlagen entformt
b) nach $^1/_2$ Stunde entformt
c) „ 3 Stunden „
d) „ 24 „ „ wurden.

Alle Körper erhärteten die ersten 24 Stunden im feuchten Raume, dann unter Wasser. Sie wurden nach 7 bezw. 28 Tagen Alter geprüft.

Die Ergebnisse sind in Tab. 45 nach der Festigkeit steigend geordnet zusammengestellt.

Ergebniß: Die Zugproben weisen die höchste Festigkeit auf, wenn sie nach $^1/_2$ Stunde entformt werden, die Druckproben haben die höchste Festigkeit nach 24 Stunden Erhärtung in der Form.

In der Gleichmäßigkeit der Einzelversuche unter sich sind nennenswerthe Unterschiede zwischen den einzelnen Entformungszeiten weder bei den Zug- noch bei den Druckproben vorhanden.

Die Unterschiede zwischen den Festigkeiten der Normendruckproben, welche sofort entformt wurden, und denen, die 24 Stunden in der Form blieben, schwanken zwischen 9 und 17%, sind also noch größer, als Dr. Schumann sie bei Portland-Cement gefunden hat.

Tabelle 45 (Reihe 35). Einfluß der Dauer des Erhärtens in der Form.

Mischung 1 Cement + 3 Normalsand.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm								Druckfestigkeit kg/qcm							
	7 Tage alt				28 Tage alt				7 Tage alt				28 Tage alt			
	Sofort	½ Stunde	3 Stunden	24 Stunden	Sofort	½ Stunde	3 Stunden	24 Stunden	Sofort	½ Stunde	3 Stunden	24 Stunden	Sofort	½ Stunde	3 Stunden	24 Stunden
	nach der Anfertigung entformt								nach der Anfertigung entformt							
Cement I																
1	12,8	13,0	13,6	13,2	16,9	17,0	15,4	14,6	73,6	86,0	83,0	90,0	124,0	120,4	130,0	138,0
2	13,5	13,7	13,7	13,2	17,1	18,5	15,5	14,9	76,4	89,0	86,6	90,6	126,8	131,4	134,0	142,6
3	13,6	13,8	13,8	13,5	18,3	18,8	15,8	16,0	80,0	89,0	87,0	91,0	128,0	132,0	134,0	143,0
4	13,6	13,9	13,9	13,5	18,3	19,4	16,5	16,3	83,0	89,0	89,4	92,0	129,2	132,4	134,0	144,0
5	13,9	14,0	14,0	13,6	18,5	19,5	17,0	16,4	83,6	90,0	90,0	94,0	132,6	133,0	136,0	145,8
6	13,9	14,2	14,3	13,7	18,8	19,8	17,5	16,5	84,4	90,0	90,0	94,0	134,0	136,0	136,4	146,8
7	14,0	14,2	14,7	13,9	19,0	20,2	18,4	17,2	84,6	90,0	90,8	97,0	135,0	137,6	138,6	148,0
8	14,4	14,4	14,8	14,0	19,2	21,0	18,9	17,8	84,8	91,0	92,0	97,0	136,8	140,6	141,0	148,6
9	14,5	14,6	14,9	14,0	19,3	21,2	19,0	18,8	92,2	96,0	93,0	98,0	137,0	144,0	144,0	150,0
10	14,6	16,3	15,4	14,5	19,4	21,4	19,2	20,3	94,0	99,0	98,0	98,4	139,6	144,2	145,0	151,4
Mittel	**13,9**	**14,2**	**14,3**	**13,7**	**18,5**	**19,7**	**17,3**	**16,9**	**83,7**	**90,9**	**90,0**	**94,2**	**132,3**	**135,2**	**137,3**	**145,8**
Cement II																
1	10,0	10,0	10,5	8,6	14,8	17,8	16,8	15,9	72,0	74,0	76,0	80,6	108,0	120,0	124,0	134,4
2	10,9	11,5	10,5	9,0	15,3	18,0	17,2	16,0	72,2	75,0	76,6	83,8	110,0	120,0	126,8	134,8
3	11,4	11,7	11,0	10,6	15,4	18,3	17,2	16,5	73,2	78,0	80,2	84,6	114,0	120,6	127,0	135,6
4	11,4	11,8	11,0	10,6	16,3	19,0	17,2	17,0	74,6	78,8	82,4	85,4	114,8	121,0	128,6	138,0
5	11,7	12,0	11,3	11,1	16,5	19,0	17,2	17,3	74,8	80,0	85,2	86,8	115,2	124,0	130,0	139,0
6	12,2	12,7	11,6	12,0	17,0	19,2	17,4	17,4	79,0	82,6	86,0	87,0	115,4	127,0	132,8	139,0
7	12,4	12,9	11,6	12,5	18,9	19,4	17,6	17,4	80,0	84,2	86,6	87,4	116,0	129,0	134,0	145,0
8	12,6	13,7	11,6	13,4	18,9	19,5	18,0	17,5	80,2	85,4	88,2	89,0	121,0	130,0	134,4	145,4
9	12,7	13,9	12,1	13,5	19,5	20,1	19,1	17,5	—	—	—	—	—	—	—	—
10	14,2	13,9	13,4	14,8	19,5	20,8	20,7	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	**12,0**	**12,4**	**11,5**	**11,6**	**17,2**	**19,1**	**17,8**	**17,2**	**75,8**	**79,8**	**82,7**	**85,6**	**114,9**	**124,0**	**129,7**	**138,9**

Die Ursachen für dieses gesetzmäßige Verhalten der Probekörper sind noch nicht ermittelt, sie hängen vermuthlich innig mit dem Erhärtungsvorgange des Cementes zusammen, dessen einzelne Stadien noch keineswegs ausreichend erforscht sind.

Reihe 36.

Weitere Versuchsreihen nach derselben Richtung hin haben kürzlich die Mitglieder der Geräthe-Kommission des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten ausgeführt [1]).

Wenn den Versuchen der einzelnen Kommissionsmitglieder auch ein gleichmäßiger Werth nicht beizumessen ist, da die Einzelheiten der Vorgänge bei der Herstellung der Proben an den verschiedenen Versuchsstellen nicht bekannt sind, so vermögen ihre Ergebnisse doch zur Klärung der Frage des Einflusses des längeren oder kürzeren Verweilens der Proben in der Form beizutragen.

Zweck der Versuche war, zu ermitteln, ob es sich zur Vermeidung der bei der üblichen sofortigen Herausnahme der Zugprobekörper aus der Form möglichen Beschädigungen empfiehlt,

[1]) Vergl. Bericht der Kommission zur Feststellung einheitlicher Prüfungsapparate von F. Schott. Heidelberg. Buchdruckerei Carl Pfeffer. S. 24.

auch die Zugprobekörper, wie dies bei den Druckprobekörpern bereits geschieht, in den Formen erhärten zu lassen.

Die Versuche wurden an drei Stellen mit Fabrikations-Cementen ausgeführt und erstreckten sich auf die Zugfestigkeit von Normenmörteln 1 : 3 nach 28 Tagen Wassererhärtung.

Die gefundenen Mittelwerthe umfaßt die Tab. 46.

Tabelle 46 (Reihe 36). **Einfluß der Dauer des Erhärtens in der Form.**

Mischung 1 Cement + 3 Normalsand nach 28 Tagen Wassererhärtung.

Versuchsstelle	Zugfestigkeit kg/qcm					
	Die Proben wurden entformt					
	sogleich	n. ½ Std.	n. 3 Std.	n. 6 Std.	n. 9 Std.	n. 24 Std.
A	20,4	21,5	21,0	20,3	20,7	19,7
B	23,4	22,3	21,0	—	—	23,3
C I	23,9	23,8	22,7	—	—	22,7
C II	20,7	21,0	21,4	—	—	20,0
Mittel	22,1	22,2	21,5	—	—	21,3

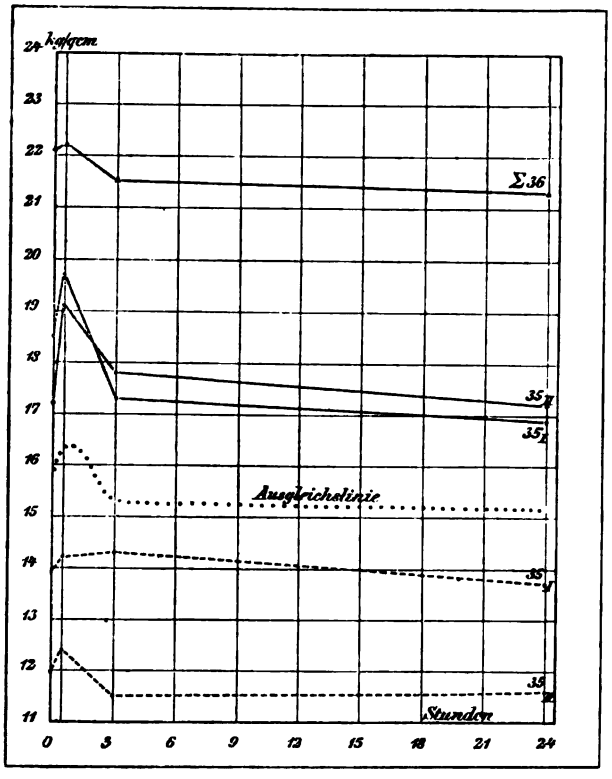


Fig. 10.

Der Berichterstatter Schott schließt aus diesen Ergebnissen, daß, der Vermuthung entgegen, durch Erhärtenlassen der Zugprobekörper in den Formen größere Unterschiede zwischen den Einzelzahlen und in der Regel etwas geringere Festigkeit als bei sofortiger Herausnahme aus der Form erreicht wird. Diese Regel trifft indessen nur für ein längeres als halbstündiges Verweilen der Proben in der Form vollständig zu; die Ergebnisse der Proben, welche nur eine halbe Stunde in der Form belassen wurden, scheinen meine Beobachtung zu bestätigen, daß durch ein kurzes Belassen in der Form die Festigkeit der Zugproben günstig beeinflußt wird.

Dies wird deutlich bei Betrachtung der zeichnerischen Darstellung der Ergebnisse aus den Reihen 35 und 36 (Fig. 10), in welcher die 7 Tagsergebnisse mit punktirten Linien, die 28 Tagsergebnisse mit ausgezogenen Linien eingetragen sind.

Der gesetzmäßige Verlauf aller dieser Linien ist unverkennbar.

Betreffs der von Schott konstatirten größeren Unterschiede in den Einzelzahlen beim längeren Erhärten der Zugproben in der Form ist zu ergänzen, daß diese Unterschiede sich

innerhalb der zulässigen Grenzen bewegen, aber nach mehrstündigem Verbleiben der Proben in der Form allerdings etwas größer sind, als bei sofortigem Entformen.

Reihe 37.

Als weiterer Beweis, daß ein kurzer Aufenthalt der Zugproben in der Form unter Umständen günstig auf die Festigkeit einwirken kann, dienen zwei Versuchsreihen, welche seitens einer Militärbehörde der Versuchsanstalt mitgetheilt worden sind. Es handelte sich dabei um den Vergleich zweier Normalsande, zu welchem Zwecke ein Portland-Cement mit den fraglichen Sanden in der Mischung 1 : 3 zu Zugproben verarbeitet, und nach 28 Tagen Alter geprüft wurde, nachdem die eine Hälfte der Proben sogleich nach dem Einschlagen, die andere Hälfte erst einige Zeit später entformt worden war. Wie lange die Proben in der Form blieben, ist nicht bekannt.

Tab. 47 enthält die Mittelwerthe der Versuchsreihen.

Tabelle 47 (Reihe 37). **Einfluß des Erhärtens in der Form.**

Verwendet Normalsand	Zugfestigkeit kg/qcm nach 28 Tagen	
	Sogleich entformt	Einige Zeit in der Form erhärtet
S	24,4	26,8
F	22,9	24,0

Ergebniß: Das Erhärten in der Form hat in beiden Fällen die Zugfestigkeit begünstigt.

Schlußfolgerungen aus Reihe 34—37.

Zugproben dürfen nicht länger als eine halbe Stunde, Druckproben müssen 24 Stunden in der Form belassen werden.

IV. Aufbewahren der Proben.

a. Einfluß der Wassererneuerung.

Gewisse Unregelmäßigkeiten, welche sich an einigen, zu wissenschaftlichen Untersuchungen hergestellten Probenreihen bemerkbar machten, schienen darauf hinzudeuten, daß die Menge des Erhärtungswassers und die Häufigkeit der Wassererneuerung nicht ohne Einfluß auf den Erhärtungsfortgang der in dem Wasser aufbewahrten Cementprobekörper bleibt.

Das gab Veranlassung, besondere Versuche über den Einfluß des Wasserwechsels auf den Erhärtungsverlauf der Proben innerhalb 28 Tagen anzustellen.

Reihe 38.

Verwendet: a) Ein normaler Portland-Cement.

Erhärtungsanfang: . . . 2 Stunden.
Abbindezeit: . . . . . $7\frac{1}{4}$ Stunden.
Wärmeerhöhung: . . . . $2{,}5$ C°.
Des Cementes Litergewicht eingelaufen 1,265.
„ „ „ eingerüttelt 1,912.

		Zwiſchen je 2 Sieben
Rückſtand auf 5000 Maſchen	14,0 %	86,0 %
„ „ 900 „	0,6 „	13,4 „
„ „ 600 „	0,2 „	0,4 „
„ „ 324 „	0,0 „	0,2 „

b) Normalſand der Verſuchsanſtalt.

Des Normalſandes Litergewicht eingelaufen 1,399.
„ „ „ eingerüttelt 1,677.

Normenmäßiger Waſſeranſpruch der Miſchung 1 : 3 = 9,5 %.

Aus dem Mörtel 1 + 3 wurden je 12 Zugproben normenmäßig hergeſtellt; dieſe kamen nach 24 Stunden Lufterhärtung

a) in einen Blechkaſten von 24 l Inhalt unter Waſſer, welches nicht erneuert wurde;

b) in einen Blechkaſten derſelben Größe, durch welchen beſtändig friſches Leitungswaſſer hindurchfloß.

Nach 9 und 28 Tagen Alter der Proben wurden ſie auf Zugfeſtigkeit geprüft und ergaben die in Tab. 48 enthaltenen Mittelwerthe.

Die Verſuchsreihe bei 9 Tagen Alter war urſprünglich nicht beabſichtigt und wurde erſt eingeſchoben, nachdem beſondere Umſtände ein ſchnelles Urtheil über das Verhalten der Proben erforderten.

Tabelle 48 (Reihe 38). **Zugfeſtigkeit von Normalmörtelproben in ruhigem und in fließendem Waſſer.**

Mittel aus je 6 Verſuchen.

Erhärtungs-Waſſer	Zugproben			
	9 Tage alt		28 Tage alt	
	Gewicht vor dem Verſuche g	Zugfeſtigkeit kg/qcm	Gewicht vor dem Verſuche g	Zugfeſtigkeit kg/qcm
in Ruhe a	160	15,0	157	18,9
fließend b	160	15,2	157	17,4

Ergebniß: Ständige Zufuhr friſchen Waſſers ſcheint ſchon innerhalb 28 Tagen eine Verminderung der Feſtigkeit des langſam bindenden Cementes zu bewirken.

Für ein endgültiges Urtheil reichen die Verſuche noch nicht aus.

Reihe 39.

Um zu ermitteln, ob etwa eine zeitweiſe Erneuerung des Erhärtungswaſſers ſich in der Feſtigkeit der Normenproben bemerkbar macht und ob die Einwirkung des Waſſerwechſels auf ſchnell bindende und auf langſam bindende Cemente die gleiche ſei, wurden die Verſuche mit zwei beliebigen Portland-Cementen, und zwar einem ſchnell bindenden und einem langſam bindenden wiederholt und auch auf Druckverſuche ausgedehnt.

Je 10 Zug- und 10 Druckproben erhärteten

I. in einem Blechkasten von 24 l Inhalt unter Wasser, welches nicht erneuert wurde; Verhältniß von Wasser zu Probeninhalt 24 : 4 = 6 : 1;

II. in einem Blechkasten von 12 l Inhalt unter Wasser, welches wöchentlich erneuert wurde; Verhältniß der Gesammtwassermasse zum Probeninhalt 48 : 4 = 12 : 1;

III. in einem Blechkasten von 24 l Inhalt, durch welchen beständig frisches Leitungswasser hindurchfloß. Menge der durchgeflossenen Wassermasse täglich etwa 1000 l. Das Verhältniß der gesammten Wassermenge zum Inhalte der Proben ist mithin nach 28 Tagen 28000 : 4 = 7000 : 1. Alle Proben wurden bei 28 Tagen Alter geprüft und ergaben die in Tab. 49 zusammengefaßten Festigkeitswerthe.

Tabelle 49 (Reihe 39). **Zug- und Druckfestigkeit von Normalmörtelproben in ruhigem, zeitweise erneuertem und in fließendem Wasser.**

28 Tage alte Proben.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm Erhärtungswasser			Druckfestigkeit kg/qcm Erhärtungswasser		
	in völliger Ruhe und		in Bewegung	in völliger Ruhe und		in Bewegung
	nicht erneuert	wöchentlich erneuert	ständig erneuert	nicht erneuert	wöchentlich erneuert	ständig erneuert
	I	II	III	I	II	III
Cement mit 30 Minuten Abbindezeit						
1	16,8	19,8	18,8	(169,0)[1]	197,0	190,2
2	20,2	20,0	19,9	186,4	198,0	192,0
3	21,2	20,0	21,0	188,8	199,8	192,8
4	21,7	20,1	21,5	191,0	201,4	197,6
5	22,2	20,7	22,1	192,2	202,8	202,0
6	22,6	21,1	22,9	195,0	206,0	204,0
7	22,9	23,0	23,0	197,0	210,4	204,6
8	23,6	23,4	23,0	198,6	210,4	206,0
9	24,0	24,0	23,8	199,0	210,6	207,4
10	24,4	25,9	25,5	201,8	210,6	210,2
Mittel	**22,0**	**21,8**	**22,2**	**194,4**	**204,7**	**200,7**
Cement mit 6 Stunden Abbindezeit						
1	14,9	16,0	15,8	141,0	142,0	140,0
2	16,2	17,7	17,0	143,0	146,0	142,2
3	18,4	18,1	17,1	146,4	147,0	144,4
4	19,0	18,1	17,6	147,2	147,0	146,0
5	19,3	19,7	17,7	148,0	148,0	146,6
6	19,4	19,8	17,7	150,2	150,4	147,2
7	19,5	20,5	17,7	151,0	153,0	148,8
8	20,3	20,6	17,9	151,4	153,4	150,8
9	20,4	20,6	18,5	152,4	154,8	151,4
10	20,4	22,8	19,8	153,0	157,0	153,8
Mittel	**18,8**	**19,4**	**17,7**	**148,4**	**149,9**	**147,1**

[1]) Gewogene Probe.

Ergebniß: Die wöchentliche Erneuerung des Erhärtungswassers in den verhältnißmäßig kleinen Probekästen scheint die Festigkeit der Cemente günstig zu beeinflussen, während ständige Wassererneuerung, d. h. 28 Tage lang dauernde Aufbewahrung der Proben in fließendem Wasser, der Festigkeit zu schaden scheint. Vor Anstellung weiterer Versuche läßt sich ein endgültiges Urtheil indessen nicht fällen.

Schlußfolgerungen aus Reihe 38 bis 39.

Nach den Ergebnissen der bisherigen Versuche empfiehlt es sich bis auf weiteres, die Proben in ruhigem Wasser aufzubewahren, welches höchstens alle 8 Tage zu erneuern ist.

b. Einfluß von Erschütterungen.

Als für die Hammerapparate der Versuchsanstalt motorischer Betrieb eingeführt und eine kleine, durch die Wasserleitung betriebene Turbine aufgestellt wurde, lag es nahe zu untersuchen, ob die durch die Vorgelegewelle auf eine Wand des Cementraumes übertragenen Schwingungen der Maschine nicht etwa die in dem Raume aufbewahrten Proben in ihrem Erhärtungsfortgang hemmten.

Das Gestell mit den Kästen für Wassererhärtung wurde zwar aus dem Raume entfernt, es schien aber erwünscht, die frischen Proben wenigstens die ersten 24 Stunden in dem Herstellungsraume zu belassen. Wenn nun auch der Tisch, auf welchem die frisch hergestellten Proben abgesetzt werden, keine merklichen Erschütterungen aufwies, so schien doch die Vorsicht geboten, auf jeden Fall nachzuweisen, ob in dem Cementraume aufbewahrte frische Proben genau in derselben Weise erhärten wie gleichartige Proben, die in einem völlig ruhigen, von jedem Geräusch und von dauernden Erschütterungen freien Raume mit gleicher Luftwärme und Luftfeuchtigkeit aufbewahrt werden.

Nach dieser Hinsicht sind zahlreiche Versuche angestellt worden, die durchweg übereinstimmende Ergebnisse lieferten.

Unterschiede in der Festigkeit der verglichenen Proben haben sich nicht gezeigt.

Außerdem habe ich aber auch den extremen Fall erwogen und eine Reihe von frischen Proben an einem Platze aufbewahrt, der tagsüber dauernd heftigen Erschütterungen ausgesetzt war.

Ueber diese Versuche geben die Reihen 40—43 Aufschluß.

Reihe 40.

Aus einem beliebigen langsam bindenden Portland-Cement wurden in der Normalmörtelmischung 1 : 3 je 20 Zug- und Druckproben normenmäßig hergestellt.

Von diesen Proben kamen nach 24 Stunden Erhärtung in feuchter Luft

a) je 10 Stück in einem offenen Blechkasten in den Gasmotorraum auf den Sockel der gemauerten Fensterwand, der äußerlich keine Erschütterungen zeigte;

b) je 10 Stück in einem ebensolchen Kasten in den Gasmotorraum auf ein Konsol an der stark vibrirenden Glaswand, welche den Motorraum von dem Arbeitsmaschinenraume trennt.

Nach 7 und nach 28 Tagen wurden je 5 dieser Proben geprüft. Die Ergebnisse enthält die Tab. 50.

Tabelle 50 (Reihe 40). **Einfluß von Erschütterungen auf erhärtende Cementproben.**

I. Langsam bindender Cement in Mischung 1 : 3.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage alt	28 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt
a. Ruhend aufbewahrte Proben.				
1	11,9	14,2	112,2	140,0
2	12,8	18,0	118,0	151,0
3	14,3	19,2	118,0	152,0
4	15,0	19,3	118,4	154,0
5	18,5	21,5	120,4	154,0
Mittel	14,5	18,4	117,4	150,2
b. Dauernd erschütterte Proben.				
1	13,0	14,9	118,0	147,0
2	14,6	17,6	119,4	158,0
3	15,1	18,6	120,0	158,0
4	16,5	18,7	120,6	160,0
5	17,7	19,4	121,0	172,0
Mittel	15,4	17,8	119,8	159,0

Ergebniß: Als auffällig muß in den Ergebnissen bezeichnet werden, daß die erschütterten Proben höhere Festigkeiten aufweisen als diejenigen, welche ruhig lagerten. Auffällig sind ferner die außerordentlich großen Schwankungen zwischen den Einzelwerthen, namentlich der ruhig aufbewahrten Zugproben.

Diese unerwarteten Erscheinungen ließen vermuthen, daß die durch das Schwungrad des Motors bewegte Luft im Vereine mit der an dem Fenster des Motorraumes herabströmenden kühleren Luft austrocknend und wärmeentziehend auf die unterhalb des Fensters in der Nähe des Schwungrades offen stehenden Proben a gewirkt und damit eine Verschiebung der Festigkeitseigenschaften verursacht hat.

Möglicherweise hat auch die durch die offen brennende Gasflamme erzeugte Kohlensäure in dem verhältnißmäßig kleinen Raume Einfluß auf die Festigkeitsänderung gehabt.

Reihe 41.

Aus den oben angeführten Gründen wurden die Versuche mit einem anderen langsam bindenden Cemente unter Beobachtung größerer Vorsicht wiederholt. Für die Proben wurde dieselbe in Reihe 40 unter a und b geschilderte Aufbewahrungsart gewählt, nur wurde die Vorsicht gebraucht, alle Proben vor dem Einflusse des Luftzuges durch übergestülpte Kästen zu schützen. Der Einfluß des Luftzuges sollte durch besondere Versuche ermittelt werden (vergl. Reihe 44). Die Ergebnisse der Versuche der Reihe 41 enthält Tab. 51 und Fig. 11, in welcher die starken Linien die Zugfestigkeiten, die schwachen die Druckfestigkeiten, aufgetragen mit $^1/_{10}$ Höhe der Ordinaten, bedeuten.

a sind die ruhig erhärteten, b die erschütterten Proben.

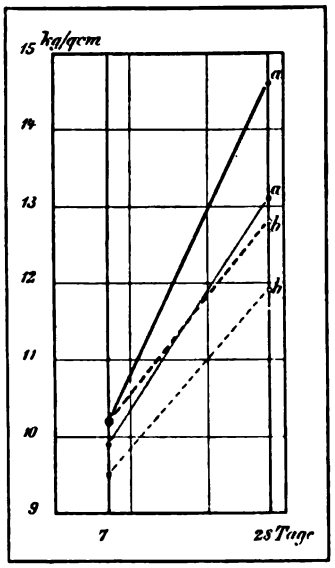


Fig. 11.

Tabelle 51 (Reihe 41). **Einfluß von Erschütterungen auf erhärtende Cementproben.**

II. Langsam bindender Cement in Mischung 1 : 3.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage alt	28 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt
a. Ruhend aufbewahrte Proben.				
1	8,0	12,4	94,0	124,6
2	9,8	14,2	96,0	126,0
3	10,5	14,7	97,0	126,0
4	11,0	15,6	97,0	138,0
5	11,7	16,3	99,0	139,2
Mittel	**10,2**	**14,6**	**96,6**	**130,8**
b. Dauernd erschütterte Proben.				
1	9,2	11,4	90,0	111,0
2	9,2	12,2	91,0	116,0
3	9,4	12,9	92,0	117,0
4	11,1	13,4	99,0	123,6
5	12,1	14,0	102,0	127,0
Mittel	**10,2**	**12,8**	**94,8**	**118,9**

Ergebniß: Die starken und andauernden Erschütterungen haben sowohl Zug- wie Druckfestigkeit des Cementes schädlich beeinflußt.

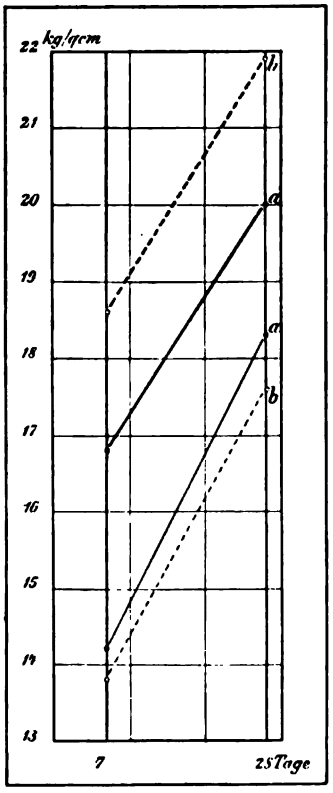


Fig. 12.

Reihe 42.

Dieselben Versuche wurden mit einem dritten, diesmal schnell bindenden Cement in derselben Weise wie in Reihe 41 geschildert wiederholt und die Ergebnisse in Tab. 52 eingetragen, sowie in Fig. 12 zeichnerisch in derselben Art wie Fig. 11 dargestellt.

Tabelle 52 (Reihe 42). **Einfluß von Erschütterungen auf erhärtende Cementproben.**

III. Schnell bindender Cement in Mischung 1 : 3.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage alt	28 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt
a. Ruhend aufbewahrte Proben.				
1	14,9	18,5	137,0	170,0
2	16,7	19,3	138,0	172,0
3	16,9	20,0	142,0	185,0
4	17,4	21,1	145,0	188,6
5	18,2	21,1	149,0	201,4
Mittel	**16,8**	**20,0**	**142,2**	**183,4**
b. Dauernd erschütterte Proben.				
1	17,1	20,3	132,0	160,0
2	18,3	21,2	134,0	167,4
3	18,4	21,3	136,6	177,4
4	18,5	21,6	140,0	185,0
5	19,7	25,0	145,6	192,0
Mittel	**18,6**	**21,9**	**137,6**	**176,4**

Ergebniß: Die andauernden Erschütterungen haben nur die Druckfestigkeit schädlich beeinflußt.

Die Zugfestigkeit der erschütterten Proben ist auffallender Weise höher als die der ruhig aufbewahrten.

Eine Erklärung für diese Erscheinung wurde nicht gefunden; vielleicht beruht sie auf Zufälligkeiten, im anderen Falle wird die Ursache durch spätere, umfangreichere Versuche gefunden werden.

Reihe 43.

Um für langsam bindende Cemente die Erscheinung der Herabminderung der Festigkeit durch Erschütterungen unzweifelhaft festzustellen, wurde ein dritter langsam bindender Cement den Versuchen wie in Reihe 41 unterworfen, nur mit dem Unterschiede, daß die Proben sofort nach dem Einschlagen, und zwar die Zugproben, nachdem sie von der Form befreit waren, die Druckproben mit der Form, in den Gasmotorraum verbracht und zur Hälfte (Serie b) in ganz frischem Zustande den Erschütterungen ausgesetzt wurden.

Die Ergebnisse enthält Tab. 53 und Fig. 13.

Tabelle 53 (Reihe 43). **Einfluß von Erschütterungen auf erhärtende Cementproben.**

IV. Langsam bindender Cement in Mischung 1:3.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	7 Tage alt	28 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt
a. Ruhend aufbewahrte Proben.				
1	14,3	20,3	168,0	208,0
2	14,5	22,0	169,4	208,6
3	14,7	22,6	170,0	226,0
4	14,7	23,6	175,0	226,4
5	15,5	24,1	175,4	230,0
Mittel	14,7	22,5	171,6	219,8
b. Dauernd erschütterte Proben.				
1	12,7	17,8	156,0	200,6
2	13,3	18,3	163,2	203,0
3	14,1	19,8	170,2	210,0
4	15,6	20,7	171,4	214,4
5	15,7	23,1	183,0	218,0
Mittel	14,3	19,9	168,8	209,2

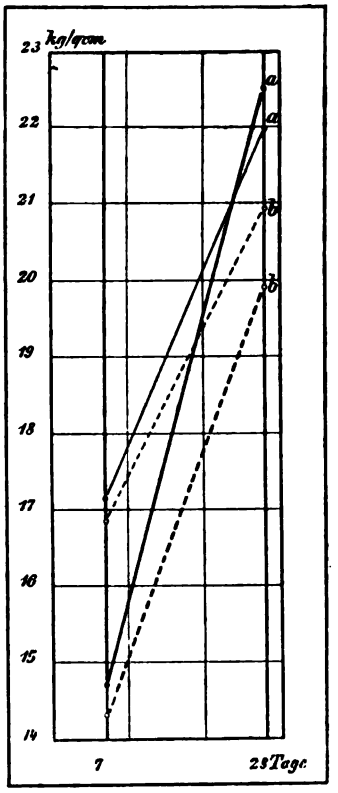


Fig. 13.

Ergebniß: Die Erschütterungen haben wie in Reihe 41 sowohl Zug- wie Druckfestigkeit des Cementes schädlich beeinflußt.

Schlußfolgerungen aus den Reihen 40 bis 43.

Langsam bindende Cemente müssen während des Abbindens der 1 + 3 Mörtelproben vor starken und dauernden Erschütterungen bewahrt bleiben, weil derartige Erschütterungen hemmend auf den Erhärtungsfortgang einwirken, und zwar scheint diese Einwirkung mit dem fortschreitenden Alter der Proben größer zu werden.

Ob schnell bindende Cemente sich ebenso verhalten, kann aus den bisher angestellten Versuchen nicht gefolgert werden.

c. Einfluß des Luftzuges auf frische Proben.

Schon lange ist bekannt, daß bewegte Luft, welche austrocknend auf erhärtende Cementmörtel wirkt, den Erhärtungsfortgang erheblich zu hindern vermag. Schiffner hat zuerst [1]) auf diesen Punkt aufmerksam gemacht. Er ging von der Thatsache aus, daß Portland-Cement eine ganz bestimmte Menge Wasser chemisch bindet und daß die höchstmögliche Erhärtung des Cementes dann eintritt, wenn diese Wasseraufnahme vollendet ist. Die chemische Bindung von Wasser geht nun, wie bekannt, nicht auf einmal, sondern nur allmählich vor sich, und dem entsprechend schreitet die Erhärtung des Mörtels fort.

Schiffner fand in zweijährigen Versuchen:

1. Normen-Kuchen, welche 24 Stunden im bedeckten Kasten, dann 27 Tage unter Wasser und von da ab in sehr trockener Luft im Laboratorium aufbewahrt wurden, zeigten sich raumbeständig und von tadelloser Erhärtung.

2. Ebensolche Kuchen, die 24 Stunden im bedeckten Kasten, dann 3 Tage unter Wasser und von da ab im Laboratorium an der Luft aufbewahrt wurden, blieben ebenfalls ohne Formänderung, ihre Härte war aber geringer als die der Kuchen unter 1.

3. Die ohne jede Befeuchtung an der Luft im Laboratorium aufbewahrten Kuchen sind sämmtlich mehr oder minder mürbe, bröcklig und ohne jede Festigkeit. Das Zerfallen trat immer zuerst an den scharf auslaufenden Rändern ein und pflanzte sich dann bis zur Mitte der Kuchen fort. Die Zeitdauer von der Anfertigung der Kuchen bis zum Beginn des Zerfallens war nicht gleich und es zeigte sich, daß sie abhängig war von der Jahreszeit, der Mahlung, der Bindezeit und der Energie der Anfangserhärtung. Beim Zusammentreffen ungünstiger Verhältnisse, z. B. im Frühjahr bei scharf austrocknender Luft und geringer Dicke der Kuchen, oder auch im Winter bei starker Heizung, fing das Zerfallen schon nach 2 bis 3 Monaten an.

Die Versuche wurden von Schiffner noch weiter ausgedehnt und bewiesen klar, daß die Befeuchtung des Portland-Cementmörtels und der Schutz desselben vor Austrocknung in den ersten Tagen nach der Herstellung unbedingte Erfordernisse für die gute Erhärtung sind. Wird diesen Bedingungen nicht genügt, so wird dadurch die Erhärtung wesentlich beeinträchtigt.

Durch die angeführten Versuche ist also allgemein bewiesen, daß Entziehung des Wassers der Festigkeit der Cementmörtel schadet, es war aber noch nicht bewiesen, ob solche Schäden bei den Normal-Festigkeitsproben bis zu 28 Tagen Alter schon eintreten können. Diese Erwägung und die mit der Versuchsreihe 40 S. 73 gemachten Erfahrungen gaben Veranlassung, den schädigenden Einfluß bewegter Luft unter den im vorigen Abschnitt erwähnten besonderen Verhältnissen festzustellen.

Reihe 44.

Aus einem beliebigen, langsam bindenden Portland-Cement wurden 20 Zugproben in der Mischung 1 : 3 normenmäßig mit 9 % Wasser eingeschlagen.

Von diesen wurden unmittelbar nach dem Entformen

a) 10 Stück im Motorraum dem von dem Schwungrade des Motors erzeugten Luftstrom unmittelbar ausgesetzt;

b) 10 Stück in demselben Raum, gegen Luftzug geschützt, aufgestellt.

Nach 28 Tagen wurden die Proben geprüft und ergaben die in Tab. 54 enthaltenen Zahlen.

[1]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten 1889, S. 53.

Tabelle 54 (Reihe 44). **Einfluß des Luftzuges auf frische Cementproben.**

28 Tage alte Proben in Mischung 1 : 3.

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm	
	In bewegter Luft	In ruhender Luft
1	4,9	9,0
2	6,0	9,3
3	6,1	9,6
4	6,4	9,6
5	6,4	10,1
6	6,4	10,6
7	6,8	10,6
8	6,9	10,8
9	7,1	11,2
10	7,5	12,4
Mittel	6,5	10,3

Ergebniß: Die frisch entformten Zugproben haben durch den auf sie einwirkenden Luftzug erheblich an 28 Tags-Festigkeit eingebüßt.

Schlußfolgerung.

Frisch entformte Proben sind sorgfältig vor Luftzug zu schützen.

d. Einfluß der Wärme auf erhärtenden Cementmörtel.

Daß Frost die Erhärtung von Cementmörteln aufzuhalten, ja sogar zeitweise völlig aufzuheben vermag, ist bekannt. Es ist auch bekannt, daß höhere Wärme das Abbinden des Cementes erleichtert, und man hat hierauf bei Aufstellung der Normen Rücksicht genommen und verlangt, daß die einzelnen Prüfungen bei mittlerer Wärme vorgenommen werden und daß bei Angabe der Versuchsresultate auch Luft- und Wasserwärme mit aufgeführt werden.

Dennoch sind noch wenige Erfahrungen in die Oeffentlichkeit gedrungen, ob und in wie weit Schwankungen von wenigen C.-Graden in der Wärme der Luft oder des Erhärtungswassers das Erhärtungsvermögen der Cementmörtel beeinflussen.

In der Versuchsanstalt werden gegenwärtig die unter Wasser erhärtenden Cementproben in Zinkkästen aufbewahrt, welche in einem bis nahe zur Decke des Raumes reichenden Repositorium stehen und zwar werden nach Möglichkeit die in Tischhöhe befindlichen Kästen zur Aufbewahrung der auf Antrag hergestellten Proben benutzt. Für Versuche im eigenen Interesse der Anstalt müssen aber auch die höher und tiefer stehenden Kästen mit zur Benutzung herangezogen werden, und ich habe deshalb Veranlassung genommen, die Wärme des Wassers in den einzelnen Kästen lange Zeit hindurch zu beobachten, um mir über die bestehenden Wärmeunterschiede Klarheit zu verschaffen.

Als Beispiel habe ich in Tab. 55 die Ablesungen während des Monats Februar 1897 zusammengestellt, während welcher Zeit eine sehr niedere Außenwärme herrschte und das Zimmer geheizt werden mußte.

Das Beispiel stellt also einen ziemlich ungünstigen Fall der Wärmeänderung vor.

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, daß die Wasserwärme in den einzelnen Höhenlagen um mehrere Grade schwankt und daß sie Nachmittags durchweg höher als Vormittags ist. Während der Nacht, wo der Ofen langsam erkaltet, gleicht sich dann der Unterschied wieder aus.

Tabelle 55. Wärme in C° in den Proben-Aufbewahrungskästen.

Beobachtungen im Monat Februar 1897.

Datum	Zeit	Kasten befindet sich über Fußboden				Luftwärme 1,20 m über Fußboden	Zeit	Kasten befindet sich über Fußboden				Luftwärme 1,20 m über Fußboden
		2,3 m	1,2 m	0,6 m	0,3 m			2,3 m	1,2 m	0,6 m	0,3 m	
1.	8 V.	16,5	14,8	13,6	—	17,0	3 N.	17,0	15,0	14,0	13,5	18,2
2.	8 „	19,5	17,2	16,5	15,5	21,0	3 „	20,8	17,5	17,3	16,1	22,8
3.	8 „	19,3	18,0	16,2	15,8	20,5	3 „	20,7	18,6	17,0	16,5	22,5
4.	8 „	19,0	17,8	16,4	16,0	20,2	3 „	20,0	18,2	17,2	16,0	23,0
5.	8 „	19,8	17,3	16,0	15,2	20,0	3 „	20,0	18,0	16,2	15,8	22,8
6.	8 „	18,7	17,3	16,0	15,7	19,1	3 „	19,5	17,8	16,0	15,3	21,8
8.	8 „	17,8	16,1	15,0	14,5	19,0	3 „	18,4	16,8	16,0	15,0	21,0
9.	8 „	18,0	16,1	14,8	14,1	18,8	—	—	—	—	—	—
10.	8 „	18,8	17,0	15,9	15,0	20,0	—	—	—	—	—	—
11.	8 „	18,5	17,0	15,8	15,0	19,2	3 N.	19,4	Ohne Wasser	15,8	15,3	20,6
12.	8 „	18,8	17,2	16,0	15,6	19,2	—	—	—	—	—	—
13.	8 „	17,2	16,8	15,8	15,0	19,0	3 N.	18,2	17,5	16,5	15,8	21,5
15.	8 „	17,8	17,0	15,8	15,3	18,2	2 „	18,0	17,2	16,0	15,3	21,0
16.	11 „	18,0	16,8	15,3	14,8	20,8	—	—	—	—	—	—
17.	9 „	17,8	16,2	14,8	14,5	18,0	—	—	—	—	—	—
18.	1 N.	18,0	17,2	15,8	15,0	20,0	3 N.	18,2	17,7	16,0	15,8	20,5
19.	9 V.	18,2	17,2	15,8	15,4	20,2	3 „	18,5	17,3	16,0	15,7	20,5
20.	9 „	18,2	17,5	16,0	15,5	19,0	3 „	18,8	17,2	16,2	15,9	20,2
22.	9 „	17,0	16,0	15,0	14,7	17,4	3 „	17,2	16,8	15,5	15,0	18,9
26.	11 „	19,5	18,8	17,8	17,2	20,8	—	—	—	—	—	—
27.	9 „	19,3	18,8	17,8	17,5	21,0	—	—	—	—	—	—
Mittel		18,3	17,1	15,8	15,4	19,4		18,9	17,4	16,1	15,5	21,1

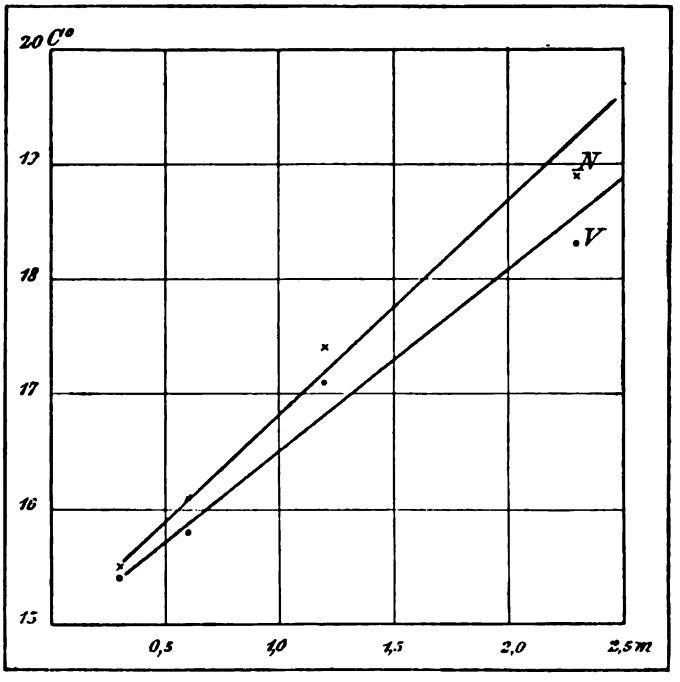


Fig. 14.

In Fig. 14 sind die mittleren Wärmegrade der einzelnen Höhenlagen für die Vormittags- und Nachmittagsmessungen (V und N) zeichnerisch aufgetragen. Man sieht aus dem Schaubilde, daß die Wärmeunterschiede des Nachmittags relativ mit der Höhe der Zone, in welcher die Wärme gemessen wurde, größer werden.

Nachdem so festgestellt war, daß die Wärmeunterschiede des Wassers in den einzelnen Höhenlagen des Erhärtungsraumes zuweilen recht erhebliche sind, galt es zu ermitteln, welchen Einfluß diese Unterschiede auf den Erhärtungsfortgang der Portland-Cemente etwa auszuüben vermöchten.

Reihe 45.

Aus einem normengemäßen Portland-Cement wurden im Monat Februar 1897 bei einer Zimmerwärme von 15 C° in der üblichen Weise mit 9 % Wasser Zugproben und Druckproben in der Mischung 1 Cement : 3 Normalsand hergestellt.

Die Hälfte dieser Proben kam nach 24 Stunden Erhärtung in feuchter Luft in ein Wasserbad, dessen Wärme 28 Tage lang durchschnittlich auf 15 C° erhalten wurde. Die andere Hälfte der Proben wurde in einen gleichen Wasserbehälter gebracht, dessen mittlere Wärme während der gleichen Zeit etwa 20 C° betrug.

Die Ergebnisse der nach 28 Tagen angestellten Versuche sind in Tab. 56 zusammengestellt.

Tabelle 56 (Reihe 45). **Einfluß der Wärme auf erhärtenden Cementmörtel.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm	
	der Mischung 1 : 3 nach 28 Tagen Erhärtung in Wasser			
	von 15 C°	von 20 C°	von 15 C°	von 20 C°
1	14,7	16,6	160,0	165,0
2	15,5	19,0	160,4	175,6
3	16,2	19,3	161,0	178,0
4	17,4	19,9	165,4	182,0
5	18,3	20,5	166,2	182,8
6	18,8	20,5	—	—
7	19,1	20,6	—	—
8	20,5	20,7	—	—
9	20,5	21,9	—	—
10	20,8	22,0	—	—
Mittel	18,2	20,1	162,6	176,7

Ergebniß: Die erhöhte Wärme des Erhärtungswassers hat eine Erhöhung der Zug- und Druckfestigkeit zur Folge.

Reihe 46.

Einen Monat später, im März 1897, wurden bei einer mittleren Luftwärme von 16,5 C° weitere Reihen von Zug- und Druckprobekörpern angefertigt und zwar — da diese am meisten interessirt — wieder in der Normalmischung 1 Portland-Cement : 3 Normalsand. Cement und Anmachewasser besaßen bei Herstellung der Proben die Luftwärme (16,5 C°). Die Feuchtigkeit der Luft betrug durchschnittlich 65 %.

Die Proben kamen sämmtlich nach 24 Stunden in bedeckte Zinkkästen unter Wasser und zwar:

a) 20 Zugproben und 10 Druckproben in den Keller,

b) 20 „ „ 10 „ „ ein Repositorium etwa 20 cm über dem Fußboden,

c) 20 „ „ 10 „ „ dasselbe Repositorium dicht unter der Decke des Erhärtungsraumes.

Während der Dauer der Erhärtung der Proben (28 Tage) wurde die Wärme in den einzelnen Erhärtungskästen täglich Vormittags gemessen.

Dabei ergaben sich die in Tab. 57 zusammengestellten Wärmegrade.

Tabelle 57 (Reihe 46). **Wärme in C° in den Proben-Aufbewahrungskästen.**

Beobachtungen im Monat März 1897.

Datum	Im Keller C°	Im Zimmer und	
		im Repositorium unten C°	im Repositorium oben C°
28. III.	10,8	16,0	20,0
29. III.	10,9	16,2	19,5
30. III.	10,8	15,8	19,7
31. III.	10,8	16,0	20,0
1. IV.	10,5	16,1	20,6
2. IV.	10,6	16,4	20,8
3. IV.	10,5	16,5	20,1
4. IV.	10,2	15,5	19,5
5. IV.	10,0	14,0	18,0
6. IV.	10,4	14,0	19,0
7. IV.	10,3	15,5	19,5
8. IV.	10,6	16,5	20,0
9. IV.	10,5	17,0	22,0
10. IV.	10,2	16,0	20,0
11. IV.	10,5	17,0	19,5
12. IV.	10,8	17,0	21,2
14. IV.	11,0	17,5	23,0
15. IV.	10,8	17,0	22,8
17. IV.	10,5	16,0	19,5
20. IV.	10,8	15,5	18,2
21. IV.	11,0	15,5	19,0
22. IV.	10,0	16,5	21,0
23. IV.	11,0	16,5	22,0
24. IV.	11,0	17,0	22,0
Mittel	**10,6**	**16,1**	**20,3**

Aus den Aufzeichnungen ist ersichtlich, daß die niederen Wärmegrade im Keller an den einzelnen Tagen wenig schwankten, daß dagegen die Wärmegrade im Zimmer an den einzelnen Tagen erheblich mehr von einander abwichen; sie waren am niedrigsten am 5. April mit 14 bezw. 18 C° und am höchsten am 14. April mit 17,5 bezw. 23 C°. Der größte Unterschied betrug somit dicht über dem Fußboden 3,5 C° und unter der Decke 5,0 C°.

Die Schwankungen gegen die Mittelwerthe sind dagegen an den meisten Tagen viel weniger erheblich.

Die Zug- und Druckproben, welche unter den angegebenen Wärmeverhältnissen erhärteten, wurden nach 7 und 28 Tagen Alter geprüft und ergaben die in Tab. 58 enthaltenen Werthe.

Tabelle 58 (Reihe 46). **Einfluß der Wärme auf erhärtenden Cementmörtel.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm			Druckfestigkeit kg/qcm		
	der Mischung 1 Portland-Cement + 3 Normalsand nach Erhärtung in Wasser					
	von 10,6 C°	von 16,1 C°	von 20,3 C°	von 10,6 C°	von 16,1 C°	von 20,3 C°
7 Tage alte Proben						
1	12,5	13,5	14,3	84,4	85,0	90,0
2	13,0	14,2	15,0	88,2	86,0	94,0
3	13,5	14,5	16,0	88,6	86,4	94,0
4	14,6	14,8	16,0	90,0	88,0	94,0
5	15,5	15,1	16,1	94,6	94,0	96,2
6	15,5	15,4	16,2	—	—	—
7	15,7	15,9	17,0	—	—	—
8	16,2	15,9	17,2	—	—	—
9	16,2	16,4	17,3	—	—	—
10	16,2	18,9	17,7	—	—	—
Mittel	**14,9**	**15,5**	**16,3**	**89,2**	**87,9**	**96,6**
28 Tage alte Proben						
1	18,4	18,7	19,0	131,6	136,8	137,0
2	19,0	19,0	20,3	132,2	137,0	138,6
3	19,8	19,1	20,5	138,2	137,4	139,0
4	19,9	19,2	20,8	138,4	137,6	139,4
5	20,3	20,2	21,0	138,4	140,0	147,0
6	20,8	20,3	21,4	—	—	—
7	20,8	20,6	22,4	—	—	—
8	21,0	21,7	22,5	—	—	—
9	21,7	21,7	22,7	—	—	—
10	21,7	22,5	23,1	—	—	—
Mittel	**20,3**	**20,4**	**21,4**	**135,8**	**138,2**	**140,2**

Ergebniß: Die erhöhte Wärme des Erhärtungswassers hat eine Erhöhung der Zug- und Druckfestigkeit zur Folge.

Reihe 47.

Im August 1897 wurde eine dritte Reihe von Proben angefertigt und zwar unter Verwendung eines besonders guten Cementes von feiner Mahlung und 2 Stunden Abbindezeit.

Die mittlere Wärme der Luft, des Anmachewassers und des Cementes betrug bei Herstellung der Proben etwa 18 C°, die Feuchtigkeit der Luft 66 %.

Die Proben kamen wieder nach 24 Stunden Erhärtung in feuchter Luft in Zinkkästen unter Wasser und zwar standen

a) 20 Zugproben und 10 Druckproben im Keller bei durchschnittlich 13,4 C°,
b) 20 „ „ 10 „ in einem Repositorium etwa 20 cm über dem Fußboden bei durchschnittlich 16,2 C°,
c) 20 „ „ 10 „ „ demselben Repositorium dicht unter der Decke des Raumes bei durchschnittlich 18,1 C°.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tab. 59 zusammengestellt.

Tabelle 59 (Reihe 47). **Einfluß der Wärme auf erhärtenden Cementmörtel.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm			Druckfestigkeit kg/qcm		
	der Mischung 1 Portland-Cement + 3 Normalsand nach Erhärtung in Wasser					
	von 13,4 C°	von 16,2 C°	von 18,1 C°	von 13,4 C°	von 16,2 C°	von 18,1 C°
	7 Tage alte Proben					
1	15,5	18,4	16,2	152,0	158,8	162,0
2	17,6	18,8	17,2	154,0	160,2	165,4
3	17,7	19,3	18,8	156,6	161,6	166,0
4	18,5	20,3	19,8	159,6	164,4	168,4
5	19,2	20,7	20,2	163,6	166,4	168,4
6	19,4	20,9	20,3	—	—	—
7	21,9	21,0	21,5	—	—	—
8	22,3	21,6	23,5	—	—	—
9	22,6	22,2	24,0	—	—	—
10	23,2	24,1	24,7	—	—	—
Mittel	19,8	20,7	20,6	157,2	162,3	166,0
	28 Tage alte Proben					
1	22,0	27,7	27,5	236,2	245,6	251,2
2	23,4	28,1	28,1	241,8	247,4	252,2
3	24,3	28,5	28,3	242,8	247,4	261,0
4	24,5	28,5	29,5	247,6	251,2	261,6
5	25,7	28,6	30,5	248,2	259,8	270,2
6	26,4	29,7	31,2	—	—	—
7	27,0	30,0	31,6	—	—	—
8	27,5	30,7	31,9	—	—	—
9	28,7	31,1	32,1	—	—	—
10	30,4	31,2	33,5	—	—	—
Mittel	26,0	29,4	30,4	243,3	250,3	259,2

Ergebniß: Die erhöhte Wärme des Erhärtungswassers hat eine Erhöhung der Zug- und Druckfestigkeit zur Folge.

Reihe 48.

Im Oktober 1897 wurde eine vierte Reihe von Proben angefertigt, zu denen noch einmal ein Cement Verwendung fand, der, wie bekannt war, die Normen-Druckfestigkeit nicht erreicht.

Die allgemeinen Eigenschaften des Cementes waren folgende:

Litergewicht eingelaufen . . . 1,231 kg.
„ eingerüttelt . . . 1,899 „
Erhärtungsbeginn . . . . . 4¼ Stunden.
Abbindezeit . . . . . 8 „
Wärmeerhöhung beim Abbinden 1,3 C°.

Rückstände auf den Sieben

		Zwischen je 2 Sieben
von 5000 Maschen	20,0 %	19,3 %
„ 900 „	0,7 „	0,5 „
„ 600 „	0,2 „	0,2 „
„ 324 „	0,0 „	0,0 „

Spezifisches Gewicht . . . . 3,067.
Glühverlust . . . . . 2,60 %.

Die mittlere Wärme der Luft, des Anmachewassers und des Cementes betrug bei Herstellung der Proben etwa 18 C°, die Feuchtigkeit der Luft 85 %.

Die Proben kamen wieder nach 24 Stunden Erhärtung in feuchter Luft in Zinkkästen unter Wasser, dessen Wärme täglich gemessen wurde.

Die abgelesenen Wärmegrade an den einzelnen Tagen sind in Tab. 60 zusammengestellt.

Von den in wassergefüllten Zinkkästen liegenden Proben kamen

a) 20 Zugproben und 20 Druckproben in den Keller bei durchschnittlich 11,5 C°,
b) 20 „ „ 20 „ „ ein Repositorium bei durchschnittl. 15,5 C°,
c) 20 „ „ 20 „ „ „ „ „ „ „ 18,5 C°

Wasserwärme.

Die Ergebnisse der Versuche enthält Tab. 61.

Ergebniß: Die erhöhte Wärme des Erhärtungswassers hat eine Erhöhung der Zug- und Druckfestigkeit zur Folge.

Tabelle 60 (Reihe 48). **Wärme in C° in den Proben-Aufbewahrungskästen.**

Beobachtungen im Monat Oktober 1897.

Datum	Wasserwärme C° Vormittags 8—9 Uhr		
	im Keller	im Zimmer	
		dicht über dem Fußboden	dicht unter der Decke
9. X.	12,0	15,0	17,0
11. X.	12,0	15,0	17,0
12. X.	12,0	15,0	18,0
13. X.	12,0	14,8	17,5
14. X.	11,5	15,0	18,0
15. X.	12,0	15,5	19,0
16. X.	11,5	15,0	18,5
18. X.	13,0	15,5	17,5
19. X.	13,2	15,5	19,5
20. X.	13,2	15,2	20,5
21. X.	13,0	16,5	19,5
22. X.	12,5	17,0	19,0
23. X.	12,0	16,0	18,5
25. X.	11,5	15,5	19,5
26. X.	11,0	16,0	19,8
27. X.	10,0	17,0	20,0
28. X.	10,0	16,5	19,0
29. X.	10,0	17,0	19,5
30. X.	9,5	16,5	18,5
1. XI.	9,0	14,0	17,0
2. XI.	9,0	14,0	17,0
4. XI.	8,0	14,5	17,5
Mittel	11,3	15,5	18,5

In den Ablesungen muß auffallen, daß die Wärmeunterschiede an den einzelnen Tagen im Keller größer waren als in dem verschlossen gehaltenen Zimmer, was seinen Grund vermuthlich in dem leichteren Eindringen kalter Außenluft in den Keller hat.

Schon wegen dieser großen Schwankungen scheint der Keller ein ungeeigneter Aufbewahrungsort für Cementprobekörper.

Tabelle 61 (Reihe 48). **Einfluß von Wärme auf erhärtenden Cementmörtel.**

Versuchs-Nummer	Zugfestigkeit kg/qcm			Druckfestigkeit kg/qcm		
	der Mischung 1 Portland-Cement + 3 Normalsand nach Erhärtung in Wasser					
	von 11,3 C°	von 15,5 C°	von 18,5 C°	von 11,3 C°	von 15,5 C°	von 18,5 C°
7 Tage alte Proben.						
1	10,7	11,8	13,7	69,2	78,6	78,0
2	11,9	12,4	14,2	72,0	80,0	80,0
3	12,2	12,5	14,3	72,4	80,0	87,0
4	13,0	12,5	14,4	72,6	80,6	87,0
5	13,3	13,1	14,7	75,0	80,8	88,0
6	14,3	13,7	14,9	76,0	83,8	88,0
7	15,5	14,4	15,0	76,6	85,0	88,2
8	15,5	14,5	15,1	80,0	86,0	92,8
9	15,6	15,2	15,2	82,0	86,8	93,2
10	17,3	17,7	15,5	83,4	90,0	94,6
Mittel	13,9	13,8	14,7	75,9	83,4	87,7
28 Tage alte Proben.						
1	17,1	18,4	19,0	134,0	141,0	144,0
2	17,4	19,5	20,6	136,0	142,0	145,0
3	18,2	19,8	21,7	136,4	142,4	145,0
4	18,4	19,9	22,0	137,0	145,6	146,2
5	20,5	20,0	22,4	140,0	147,6	150,0
6	21,4	20,3	22,8	141,6	147,8	150,4
7	21,5	22,4	23,5	142,6	152,0	152,0
8	21,7	22,5	23,6	145,0	154,0	154,0
9	21,7	23,5	23,7	150,0	156,0	154,6
10	22,9	23,8	23,8	152,0	162,8	160,8
Mittel	20,1	21,0	22,4	141,5	149,1	150,2

In Fig. 15 sind die mittleren Festigkeitswerthe nach 28 Tagen Erhärtung aus den Reihen 45—48 zeichnerisch aufgetragen, und zwar beziehen sich die schwach gezeichneten Linien auf die Zugfestigkeit, die stark gezeichneten auf die Druckfestigkeit in $^1/_{10}$ der Ordinatenhöhe.

Die Kurven I stellen die Ergebnisse der Reihe 45 dar,
" " II " " " " " " 46 "
" " III " " " " " " 47 "
" " IV " " " " " " 48 "

Schlußfolgerungen aus Reihen 45—48.

Bei vergleichenden Versuchen mit Portland-Cementen ist möglichst gleichbleibende mittlere Wärme des Erhärtungswassers zu fordern. Die Festigkeiten werden in wärmerem Erhärtungswasser höher als im kälteren. Der Grad dieses Einflusses scheint sich mit den wechselnden Eigenschaften der Cemente zu ändern und mit der größeren Festigkeit der Normenmischung der Cemente größer zu werden.

Der Wärmeeinfluß äußert sich nahezu gleichmäßig auf Zugfestigkeit wie auf Druckfestigkeit.

Mit Reihe 48 sind die Beobachtungen erschöpft, welche über die verschiedenartigen Einflüsse während der Anfertigung und der Aufbewahrung der Cement-Probekörper in der zur Verfügung stehenden Zeit angestellt werden konnten. Bei der Durchführung dieser Arbeiten

hat mich der erste Assistent der Abtheilung, Herr Ingenieur Burchartz, vielfach durch eigene Forschungen unterstützt, was ich hiermit dankbar anerkennen möchte. Wiederholt sei aber hervorgehoben, daß diese Versuche nicht als erschöpfend anzusehen und daß sie vielfach zu vervollständigen und weiter auszudehnen sind, bevor vollständige Klarheit über die einschlägigen Verhältnisse herrschen wird.

Insbesondere sollen die Versuche auch später durch solche Beobachtungswerthe ergänzt werden, welche sich über die verschiedenartigen Einflüsse bei der Prüfung der Proben und der Verwerthung der Prüfungsergebnisse äußern.

Von der Veröffentlichung der hiermit gemachten Beobachtungen im Anschlusse an die vorliegende Arbeit mußte des zu großen Umfanges des Stoffes wegen Abstand genommen werden.

Das Schlußergebniß ist nachstehend noch einmal in Kürze zusammengestellt.

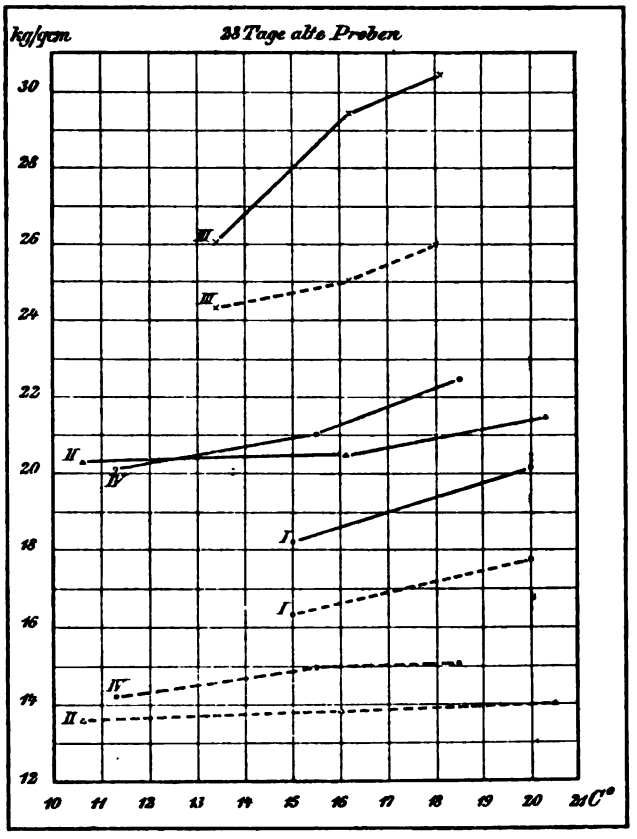


Fig. 15.

Schlußergebniß.

Bei der Herstellung von normenmäßigen Mörteln und von Proben aus solchen, sowie bei der Entformung und Aufbewahrung dieser Proben sind folgende Erfahrungssätze zu beachten.

Bei der Mischung des Normenmörtels 1 : 3 mittelst der Mauerkelle auf dem Tisch darf eine Menge bis zu 4000 g Mörtel unbeanstandet zur Verwendung kommen, doch ist zu beachten, daß die Festigkeit der Probekörper aus diesem Mörtel bei länger als 3 Minuten andauerndem Mischen zurückgeht. Da beobachtet ist, daß innigeres Zusammenkneten des Mörtels, als es mit der Mauerkelle zu erzielen ist, die Gleichmäßigkeit der Ergebnisse der Einzelversuche fördert, würde ein anderes, eventuell maschinelles Mischverfahren vorzuziehen sein.

Eine Mischmaschine, welche den Mörtel knetet, ohne dabei den Sand zu zerkleinern, ist der Mörtelmischer, Bauart Steinbrück-Schmelzer.

Nach den angestellten, aber noch nicht abgeschlossenen Versuchen sind die Mischverfahren mit dem Löffel, mit der Kelle und mit Steinbrücks Mörtelmischer bei 50 Kurbeldrehungen = etwa 8 Schüsseldrehungen dieses Apparates nahezu gleichwerthig.

Andere Mischapparate, so etwa die Kugeltrommel, sollten nicht angewendet werden, wenn Werthe gewonnen werden sollen, die man mit den Versuchsergebnissen anderer Versuchsstellen in Vergleich stellen will.

Der Wasserzusatz zum Mörtel 1 : 3 muß der Beschaffenheit des Cementes angepaßt, deshalb in jedem besonderen Falle ermittelt werden. Da niedrigerer Wasserzusatz innerhalb gewisser Grenzen die Festigkeit der Normalprobekörper bis zu einem bestimmten Grade beeinflußt, würde es nothwendig werden, die Art der Bestimmung des Wasserzusatzes genauer festzulegen, als es bisher geschehen ist.

Der aus Freienwalder Rohsand hergestellte Normalsand muß sorgfältig gewaschen sein, wenn gleichmäßige und vergleichbare Festigkeitsergebnisse erzielt werden sollen. Die Menge der abschlämmbaren Stoffe im Normalsande muß weniger als 0,09 % betragen, doch ist die zulässige Grenze durch Versuche noch genauer zu bestimmen. Schwankungen in dem Verhältniß der groben Körner zu den feinen Körnern im Normalsande, wie sie die praktische Herstellung des Normalsandes unvermeidlich ergiebt, sind von geringem Einfluß auf die Festigkeitsergebnisse. Dennoch müßte ein bestimmtes Verhältniß von groben zu feinen Körnern, z. B. nahe 1 : 1, angestrebt werden, da die Festigkeit mit der Menge der groben Körner, wenn auch nur in geringem Maße, wachsen wird. Die höchste zulässige, praktisch zu vernachlässigende Menge solcher Körner im Normalsande, welche das 120-Maschensieb noch passiren, muß durch besondere Versuche festgestellt werden, da auch diese feinsten Körner das Festigkeitsergebniß zu beeinflussen vermögen.

Es geht also aus dem Vorstehenden hervor, daß der Begriff Normalsand näher definirt werden muß. Der Rohsand muß aus einer und derselben Grube entnommen und die Eigenschaften des Normalsandes bezw. die zulässigen Grenzwerthe müssen genau festgestellt und dauernd kontrollirt werden.

Mit Bezug auf die Einspannung der Formen und das Einfüllen des Mörtels ist zu beachten, daß die Zugfestigkeit der Normalmörtel 1 : 3 leiden kann, wenn die Form nicht fest an Grundplatte und Füllkasten anliegt.

Das Oelen der Formen kann namentlich bei Anfertigung von Probekörpern aus reinem Cement nicht entbehrt werden, ist aber mit Vorsicht anzuwenden, damit nicht die Festigkeit der Körper herabgeht. Dünnflüssige Oele eignen sich besser als dickflüssige. Die Mischung aus drei Theilen Rüböl und einem Theil Petroleum hat sich in jahrelangem Gebrauch bewährt.

Um zu gleichmäßigen Ergebnissen zu gelangen, ist es nöthig, für Zugproben wie für Druckproben bestimmte Mörtelmengen ein für allemal beizubehalten. Der in jede Form einzufüllende Mörtel ist also abzuwiegen. Lose in die Form eingefüllter Mörtel ergiebt gut übereinstimmende Festigkeit, dagegen wird die Festigkeit durch Einpressen des Mörtels in die Form unkontrolirbar erhöht. Vermuthlich ändert sich Dichte und Festigkeit der Körper mit dem Grade der Pressung des Mörtels vor dem Einschlagen im Apparat.

Das gleichmäßige Einstampfen von Würfeln aus reinem Cement begegnet gewissen Schwierigkeiten, weil gleichbleibende Dichte in allen Schichten des Würfels nur schwer zu erreichen ist. Sollen gleichmäßige Versuchsergebnisse angestrebt werden, so müssen für das Einformen dieser Körper besondere Vorschriften gegeben werden.

Unter der Voraussetzung der Handmischung mit der Kelle wird mit 150 Schlägen des Zweikilogrammhammers die größte Dichte und die höchste Festigkeit der Zug- und Druckproben erreicht. Die verringerte Geschwindigkeit der Schlagfolge vermag die Zugfestigkeit schnell- und mittelbindender Cemente nach unten, die Druckfestigkeit solcher Cemente nach oben hin zu beeinflussen. Deshalb ist die Einhaltung einer mittleren Schlaggeschwindigkeit von 50 Schlägen in der Minute zu empfehlen.

Zug- und Druckproben müssen, wenn möglichst gleichmäßige und zuverlässige Festigkeitswerthe gewonnen werden sollen, sorgfältig abgestrichen und auf der Oberfläche geglättet werden. Einfaches Abschneiden ohne zu glätten verringert die Festigkeit und die Gleichmäßigkeit der Proben.

Die Zugproben dürfen nicht länger als $^1/_2$ Stunde, Druckproben müssen dagegen 24 Stunden in der Form belassen werden, wenn die Festigkeitsergebnisse nicht beeinflußt werden sollen.

Die Proben müssen ferner unter völlig gleichbleibenden Umständen aufbewahrt werden.

Langsam bindende Cemente müssen während des Abbindens vor starken und dauernden Erschütterungen bewahrt bleiben, weil derartige Erschütterungen hemmend auf den Erhärtungsfortgang einwirken, und zwar scheint diese Einwirkung mit dem fortschreitenden Alter der Proben größer zu werden. Ob schnell bindende Cemente sich ebenso verhalten, ist in der Versuchsanstalt noch nicht untersucht worden.

Frisch geformte Proben sind sorgfältig vor Luftzug oder vor dem Austrocknen zu schützen.

Bei vergleichenden Prüfungen von Portland-Cementen ist möglichst gleichbleibende Wärme des Erhärtungswassers zu fordern. Die Festigkeiten werden im wärmeren Erhärtungswasser höher als im kälteren. Der Grad dieses Einflusses scheint sich mit den wechselnden Eigenschaften der Cemente zu ändern und mit der größeren Normenfestigkeit der Cemente größer zu werden. Der Wärmeeinfluß äußert sich nahezu gleichmäßig auf Zugfestigkeit wie auf Druckfestigkeit.

---

2. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Zeitungsdruckpapier.

Zu den billigsten Papiersorten, die überhaupt erzeugt werden, gehört das Zeitungsdruckpapier; da an seine Güte nur geringe Ansprüche gestellt werden, so braucht man bezüglich der Rohstoffe nur soweit Auswahl zu treffen, daß man ein Papier erhält, welches den Zug in den Rotationspressen aushält. So bestehen denn wohl die meisten Zeitungsdruckpapiere, was Faserstoffe anbelangt, vorzugsweise aus Holzschliff und nur zum kleinen Theil aus Holzcellulose, und eine solche Stoffmischung pflegt man gewöhnlich als typisch für Zeitungsdruck hinzustellen. Es kommen aber auch Zeitungsdruckpapiere vor, die Holzcellulose

in größeren Mengen enthalten, ferner solche mit Holz- und Strohcellulose, und schließlich auch solche, die einen nicht unerheblichen Prozentsatz an Lumpen enthalten.

Für die Fachkreise dürfte es interessant sein, die in den letzten Jahren in der Versuchsanstalt bei der Prüfung von Zeitungsdruckpapier ermittelten Ergebnisse kennen zu lernen; nachstehend sind sie übersichtlich zusammengestellt.

Bei den Papieren 3—10 und 12—13 wurde eine Schätzung der einzelnen Faserarten nicht beantragt, indessen ist bei der Angabe der Stoffmischung die Reihenfolge der einzelnen Stoffe immer so gewählt, daß an erster Stelle der mit dem höchsten Prozentsatz vertretene Stoff, an zweiter Stelle der mit dem nächst höchsten u. s. w. vertreten ist.

Ergebnisse der Untersuchungen von 17 Zeitungsdruckpapieren.

Nr.	Ergebnisse der Festigkeits-Untersuchungen						Widerstand gegen Zerknittern	Befund der mikroskopischen Untersuchung	Aschengehalt
	parallel zum Maschinenlauf		senkrecht zum Maschinenlauf		Mittelwerthe				
	Reißlänge	Dehnung	Reißlänge	Dehnung	Reißlänge	Dehnung			
1	3800	1,3	2600	2,5	3200	1,9	mittelmäßig	Holzcellulose etwa 40 %, Baumwolle etwa 30 %, Holzschliff „ 20 „, Strohcellulose „ 10 „	10,8
2	3850	1,2	1850	1,4	2850	1,3	sehr gering	Holzschliff etwa 50 %, Holzcellulose etwa 25 %, Baumwolle „ 20 „, Leinen „ 5 „	12,1
3	3550	1,3	2100	1,6	2825	1,5	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose, Baumwolle, ger. Mengen Leinen	11,0
4	3900	1,0	1600	1,5	2750	1,3	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	17,0
5	3550	1,3	1700	1,5	2625	1,4	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose, Baumwolle und Leinen	11,8
6	3350	1,0	1700	1,5	2525	1,3	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	7,0
7	3100	1,2	1900	1,7	2500	1,5	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose, Baumwolle, Leinen	11,1
8	3150	1,1	1800	1,3	2475	1,2	außerordentlich gering	Holzschliff, Zusatz Holzcellulose	14,0
9	3300	0,8	1500	1,3	2400	1,1	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	12,8
10	3150	0,9	1450	1,2	2300	1,1	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	13,0
11	2800	1,1	1750	1,5	2275	1,3	dgl.	Holzschliff etwa 55 %, Holzcellulose etwa 25 %, Baumwolle „ 15 „, Jute u. Leinen „ 5 „	11,6
12	2950	0,9	1500	1,1	2225	1,0	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	10,0
13	2050	0,7	1200	1,0	1625	0,9	dgl.	Holzschliff, Holzcellulose	—
14	—	—	—	—	—	—	—	Holzschliff etwa 55 %, Strohcellulose etwa 25 %, Holzcellulose etwa 20 %	25,6
15	—	—	—	—	—	—	—	Holzcellulose etwa 35 %, Holzschliff etwa 35 %, Strohcellulose „ 20 „, Baumwolle „ 10 „	23,0
16	—	—	—	—	—	—	—	Holzschliff etwa 35 %, Holzcellulose etwa 30 %, Baumwolle „ 25 „, Strohcellulose „ 5 „, Leinen etwa 5 %	21,8
17	—	—	—	—	—	—	—	Holzcellulose etwa 50 %, Holzschliff etwa 30 %, Strohcellulose „ 15 „, Baumwolle „ 5 „	37,8

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. 1898. Zweites Heft.

1. Prüfung eines Drahtseiles von 90 mm Durchmesser auf Zugfestigkeit.

Vom Direktor Professor A. Martens.

Auf der 500000 kg-Maschine der Versuchsanstalt sind vor kurzem ein Drahtseil von etwa 90 mm äußerem Durchmesser und zwei Verbindungsarten für die Befestigung des Seiles mit den Maschinentheilen auf ihre Festigkeit geprüft worden. Mit Erlaubniß der Antragstellerin ist hierüber Folgendes zu berichten.

Die Direktion der Drahtseilfabrik in St. Egid am Neuwalde N.Ö. der St. Egydier Eisen- und Stahl-Industrie-Gesellschaft legte zur Prüfung ein Drahtseil vor, das in Kabelschlag aus 6 Hauptlitzen rechts um eine getheerte Hanfseele geschlagen war. Jede Hauptlitze bestand aus 6 Nebenlitzen und einer getheerten Hanfseele von 4 Litzen aus je 3 Garnen. Jede Nebenlitze enthielt 30 Stahldrähte, welche in zwei Lagen zu 18 und 12 Drähten um eine getheerte Hanfseele geschlagen waren. Das Seil enthielt also $6 \times 6 \times 30 = 1080$ Drähte von 1,46 mm Durchmesser mit 1808 qmm Gesammtquerschnitt. Die Drahtfestigkeit soll nach Angabe der Direktion 185 kg/qmm betragen. Demnach müßte der Gesammtdrahtquerschnitt bei voller Ausnutzung eine Seilfestigkeit von 334000 kg ergeben.

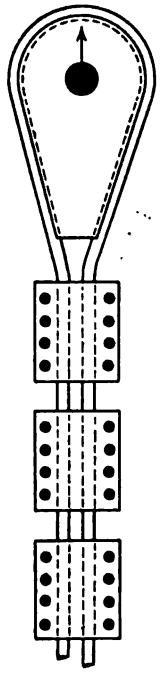


Fig. 1.

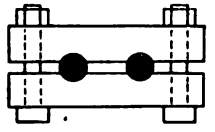


Fig. 2.

Das Seil war nach Maßgabe von Fig. 1 um herzförmige gußeiserne Einlegestücke gelegt, die durch Laschen und Bolzen mit der Probirmaschine verbunden wurden; zwischen Gußeisen und Seil war eine Unterlage aus Bleiblech gelegt. An dem einen Ende war das Seil durch Spleißung, am anderen Ende durch drei Schellenpaare um die Herzstücke befestigt, Fig. 2. Jedes Schellenpaar war mit 8 Schrauben von 50 mm Durchmesser zusammengezogen und umfaßte das Seil, wie in Fig. 2 gezeigt.

Die Schellen erwiesen sich trotz ihrer Zahl und Stärke als recht unwirksam, weil das Seilende durchschlüpfte, obwohl die Schrauben während des Versuches mehrmals auf das Aeußerste nachgespannt wurden. Die glatten Flächen der Schellen und die Anlagefläche am Herzstück erzeugten alle zusammen noch keinen ausreichenden Reibungswiderstand. Wenn auch im vorliegenden Falle die vielen Hanfeinlagen diesen Umstand befördert haben mögen, so sei hier doch auf die früheren Erfahrungen mit

ähnlichen und anderen Einspannvorrichtungen verwiesen, um sie der allgemeineren Beachtung zu empfehlen[1]), denn auch dort sind schon ganz ähnliche Vorgänge mitgetheilt.

Wie sehr das Seil im freien Theil seinen Durchmesser änderte, geht aus Fig. 3 hervor, die die Aenderungen des mit dem Stahlbandmaß gemessenen Seilumfanges unter den ver-

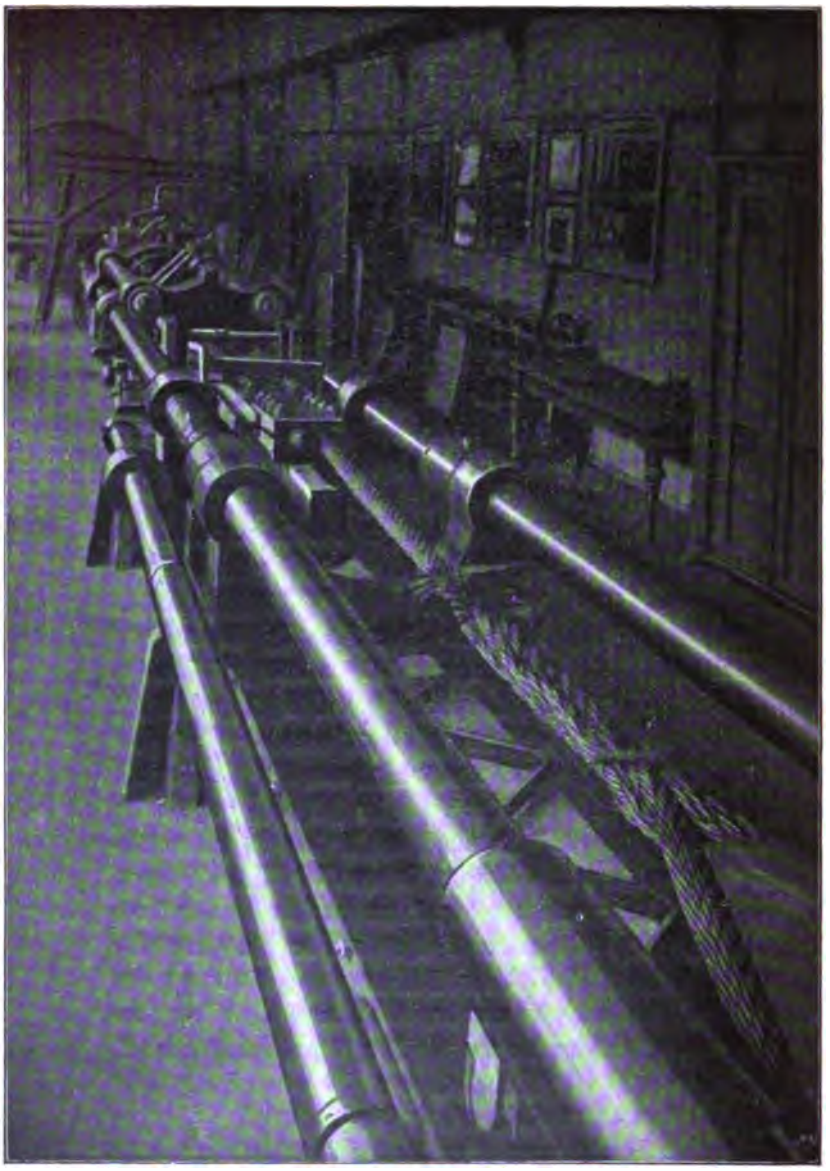


Fig. 5.

[1]) Untersuchungen von Seilverbindungen für den Fahrstuhlbetrieb
Theil I: A. Martens, Ergebnisse der Untersuchungen bei ruhender Belastung 1888, Ergänzungsh. V.
Theil II: M. Rudeloff, Ergebnisse der Untersuchungen bei stoßweiser Inanspruchnahme 1893, S. 177 der „Mittheilungen".

schiedenen Belastungen anzeigt. Der Umfang ist im freien Seiltheil von etwa 288 mm (vor der ersten Belastung) auf 252 mm (150000 kg Belastung in der dritten Reihe) zurückgegangen; der Durchmesser verminderte sich also von 92 mm auf 80 mm. In ähnlichen Vorgängen liegt der Grund der Unwirksamkeit einer Reihe von Einspannvorrichtungen, wie bei früherer Gelegenheit schon nachgewiesen wurde. Auch der weitere Verlauf des Versuches folgte ganz den früheren Erfahrungen.

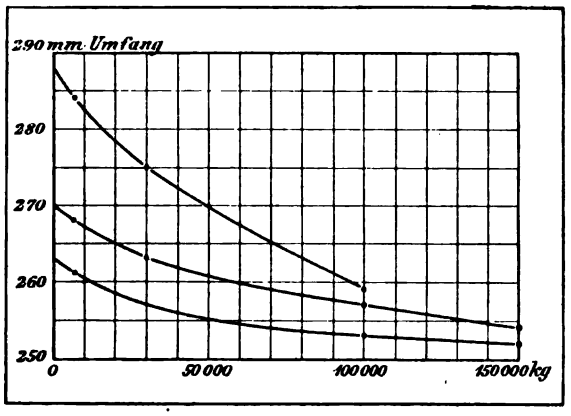


Fig. 3.

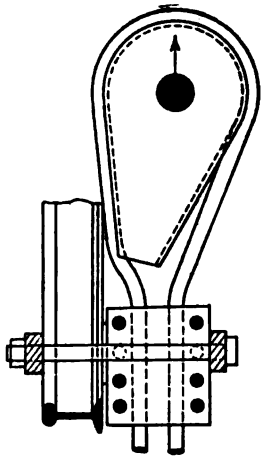


Fig. 4.

Beim ersten Versuch (1 Fig. 3) drehte sich das Herzstück an dem mit Schellen verbundenen Ende der Probe um seinen Bolzen und nahm die in Fig. 4 gezeichnete Stellung an, so daß der Versuch bei 152000 kg unterbrochen werden mußte.

Für den zweiten Versuch wurde das Herzstück wieder in die alte Lage gebracht und dann, um der Verdrehung möglichst entgegen zu wirken, eine Eisenbahnschiene mit Spanneisen seitlich gegen die Schellen geschraubt. Fig. 4 und Lichtbild Fig. 5. Bei dieser Anordnung begann sich das Seil unter der Last von 200000 kg aus den drei Schellen herauszuziehen, ohne daß Drahtbrüche bemerkt werden konnten. Die Schellenschrauben wurden während des Versuches mehrere Mal nachgezogen, ohne das Schlüpfen verhindern zu können.

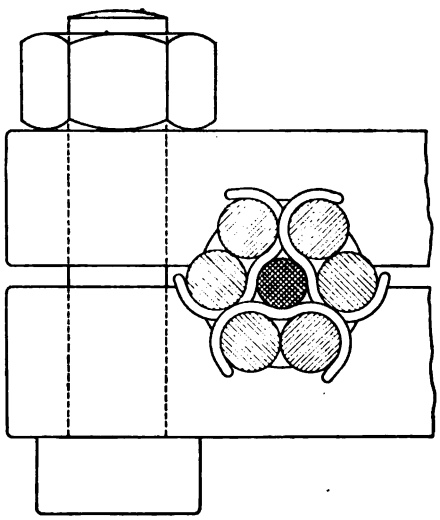


Fig. 6.

Zum dritten Versuch trieb man nun in die Seele des aus dem letzten Schellenpaar herausragenden Seilendes einen etwa 20 mm dicken konischen Eisendorn ein. Außerdem wurden in dem freien Theil zwischen den beiden letzten Schellenpaaren die Litzen im Seilende ein wenig gelockert und eine Anzahl von Kupferstreifen nach Fig. 6 durchgezogen, die, um je zwei Litzen gebogen, einen Widerstand erzeugten, der erst nach Abscheeren der Streifen hätte beseitigt werden können. Der Eisendorn erwies sich als unzureichend, aber die Kupferstreifen thaten ihre Schuldigkeit. Eine Anzahl von

Drahtbrüchen kündigte den Bruch an, der kurz darauf bei 250000 kg eintrat. Es rissen zwei Hauptlitzen am Ausgang der Spleißung, siehe Lichtbild Fig. 7.

Unter Zugrundelegung des aus dem gemessenen Drahtdurchmesser ermittelten Gesammtquerschnittes würde sich hiernach die Spannung im Drahtmaterial zu 250000/1808

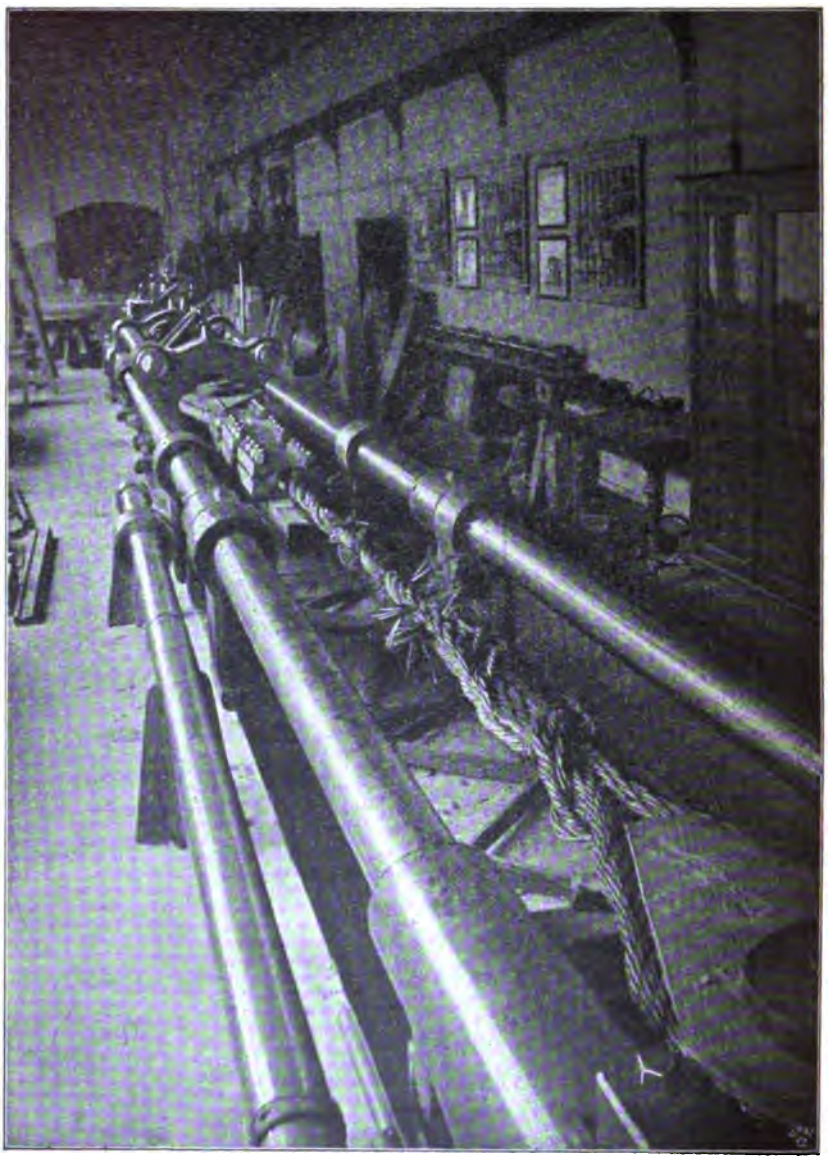


Fig. 7.

= 138 kg/qmm ergeben und wenn die von der Direktion angegebene Drahtfestigkeit zu Grunde gelegt wird, eine Ausnutzung von 138/185 = 0,75 erreicht sein. Die Spleißung hat also, wie das auch sonst schon beobachtet wurde und natürlich ist, eine Festigkeitsverminderung bewirkt. Diese mag in Wirklichkeit bei dem vorliegenden Seil etwas geringer

anzuschlagen sein, denn die Fabrik giebt an, daß sie Drähte Nr. 14 verwendete, während die Versuchsanstalt 1,46 mm Durchmesser bei ihren Messungen an einer Anzahl Drähte aus dem gebrochenen Seil feststellte. Rechnet man mit 1,40 mm, so ergiebt sich die Bruchspannung des Drahtmaterials in der Spleißstelle zu durchschnittlich 150 kg/qmm und die Ausnutzung der Materialfestigkeit zu 0,82.

2. Prüfung der Hammerapparate, Bauart Böhme.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary.

Im Verfolg der im Werke befindlichen Revision der Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement und der damit Hand in Hand gehenden Verbesserung der Prüfungs-Geräthe und Apparate hat die Versuchsanstalt auch dem Hammerapparate, Bauart Böhme, erneute Aufmerksamkeit zugewandt und Einrichtungen getroffen, diese Apparate sowohl wie die zugehörigen Formen und Einspannvorrichtungen, Bauart Martens, zu prüfen.

Die Prüfung wird nach folgenden Grundsätzen ausgeführt.

A. Beschreibung des Apparates.[1])

Die wesentlichsten Bestandtheile des Hammerapparates sind folgende:

a) Der Antrieb erfolgt durch eine Kurbel oder durch eine mit Riemen betriebene Scheibe, an welche der Riemen mit Hülfe einer Spannrolle angedrückt wird.

b) Die Ausrückvorrichtung tritt nach 150 Schlägen des Hammers (oder der Hämmer bei Doppelapparaten) dadurch in Thätigkeit, daß ein Sperrhebel in eine Aussparung der Zählscheibe springt und gleichzeitig sich hinter einen Daumen des Daumenrades legt. Bei den maschinell betriebenen Apparaten wird durch das Einschnappen des Sperrhebels die Spannrolle des Riemens ausgelöst und die Bewegung des Apparates damit gehemmt.

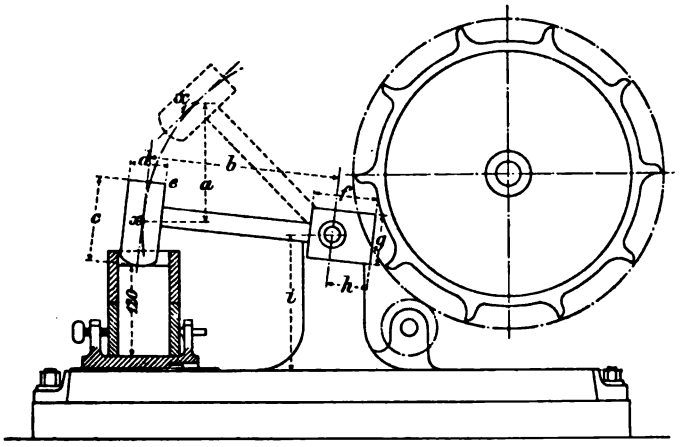


Fig. 1.

[1]) Genauere Beschreibung und Abbildung des Apparates und der Formen befindet sich in den „Mittheilungen" 1896, S. 164 u. ff.

c) Das Schlagwerk besteht aus einem oder mehreren Daumenrädern und Schwanzhämmern von 2 kg Sollgewicht. Die Hämmer sollen aus ihrer Höchstlage mit einer Fallhöhe von 168 mm auf den Ambos der Form niederfallen. Bei der Bemessung der Fallhöhe a (vergleiche die Skizze Fig. 1) ist eine mittlere Lage des Hammers auf dem Ambos der gefüllten Druckform angenommen. Der Berührungspunkt zwischen Hammerbahn und Ambos liegt dann 120 mm über der Formplatte der Druckform. Die Höhe des Amboßes für die Druckproben beträgt 37 mm, sein Gewicht 1040 g. Die Höhe des Amboßes für die Zugformen ist 65 mm, sein Gewicht 1120 g.

d) Die Formen bestehen aus Zugformen mit 5 qcm Zerreißungsquerschnitt und Würfelformen von 50 qcm Würfelfläche, die mit der Formplatte durch die Festhaltung zusammengehalten und auf der Grundplatte des Apparates befestigt werden.

Die zu prüfenden Apparate sollen in ihren wesentlichen Theilen den Apparaten der Versuchsanstalt gleich sein.

B. Umfang der Prüfung.

Wenn keine besonderen Wünsche ausgesprochen werden, erstreckt sich die Prüfung auf:

a) Die Antriebs- und Ausrückvorrichtung in Bezug auf ihre Wirksamkeit;

b) Gewicht, Abmessungen und Hubhöhe der Hämmer;

c) Abmessungen und Inhalt der Formen;

d) die mechanische Ausführung des gesammten Apparates, insofern Mängel derselben Einfluß auf die Richtigkeit und Zuverlässigkeit der Versuchsergebnisse haben können;

e) den Vergleich der wesentlichen Theile des Apparates mit den Apparaten der Versuchsanstalt.

C. Prüfung.

Die Prüfungsergebnisse werden zu jeder einzelnen der oben aufgeführten Prüfungen mitgetheilt.

Zu a wird der Hammer mit der Hand oder durch Vorgelege maschinell in Betrieb gesetzt und festgestellt, wie er arbeitet.

Zu b werden der Hammer nebst Stiel und Schwanzstück und der Hammerkopf gewogen und gemessen. Die hauptsächlichsten Maße werden in Tab. 1 zu denjenigen Maßen in Vergleich gestellt, welche den mittleren Abmessungen der in der Versuchsanstalt aufgestellten Apparate entsprechen. Finden sich wesentliche Abweichungen, die das Ergebniß beeinflussen können, so wird auf diese besonders hingewiesen.

Tabelle 1. **Zusammenstellung der Hauptabmessungen.**

An dem Apparat wurden gemessen	Sollmaß mm	Istmaß mm
Hubhöhe des Hammers = a	168	
Länge des Hammerhebels = b	250	
Höhe des Hammerkopfes = c	112	
Breite des Hammerkopfes = d	51	
Dicke des Hammerkopfes = e	51	
Länge des Schwanzstückes = f	85	
Höhe des Schwanzstückes = g	70	
Länge des kurzen Hebels = h	61	
Lagerhöhe . . . . . = i	170	

Die Abmessungen und die Hubhöhe des Hammers werden durch Fig. 1 noch verdeutlicht.

Die Hubhöhe a des Hammers wird auf Anregung von Prof. Martens in folgender Weise bestimmt. Auf zeichnerischem Wege wird der Schwerpunkt einer Seitenfläche des Hammerkopfes x, x_1 thunlichst genau bestimmt und in dem Punkte x eine Bleistiftspitze so befestigt, daß sie auf einer von der Welle des Daumenrades an dem Hammer vorbeibewegten

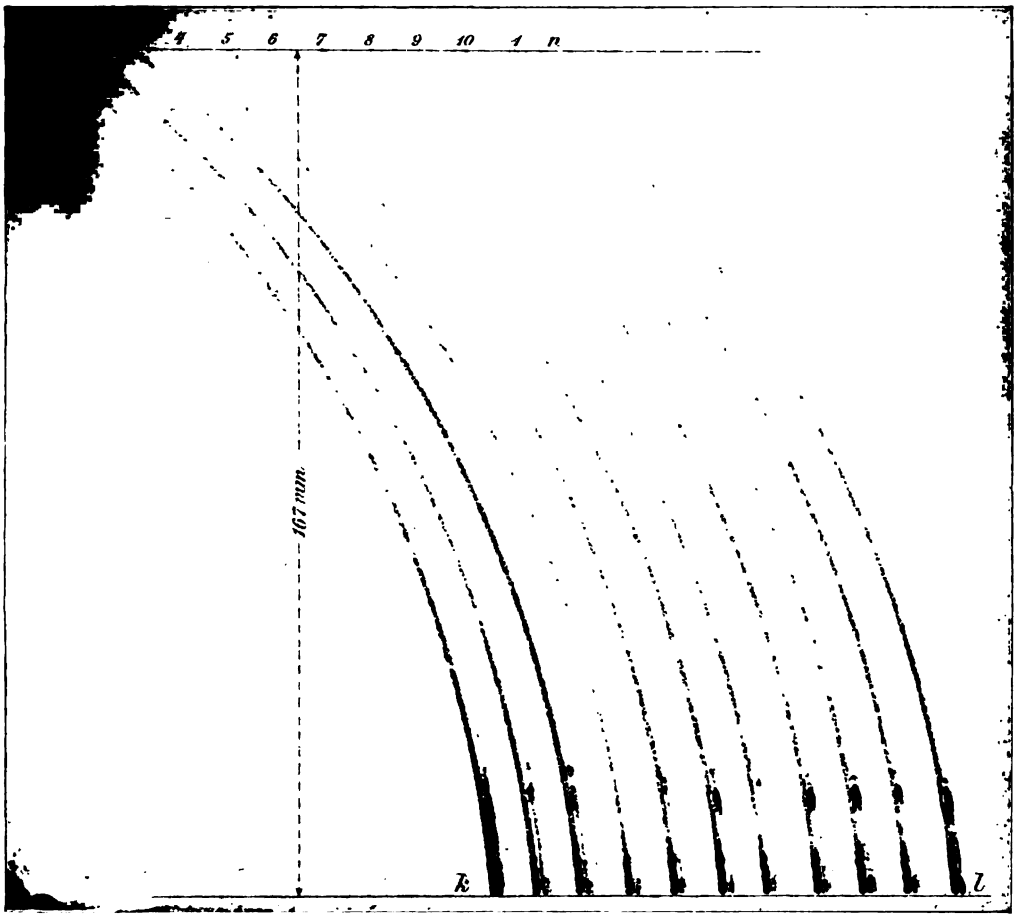


Fig. 2.

Tafel Linien aufzeichnet. Die Tafel erhält eine horizontale Führung auf einer Schiene, welche mit Hülfe der Festhaltung der Formen an der Druckform befestigt wird. In die Druckform wird ein Holzklotz von 120 mm Höhe gesetzt.

Während des Betriebes des Hammers zeichnet dann die Bleispitze auf die vorbeigleitende Tafel den Weg des Hammers in der Weise, wie Fig. 2 darstellt. Die Grundlinie k l der Figur entsteht, wenn man die Zeichentafel horizontal an der Bleistiftspitze vorbei gleiten läßt; der senkrechte Abstand zwischen dieser Linie k l und der Verbindungslinie der Kurven-Endpunkte m n bedeutet die gesuchte Hubhöhe des Hammers. Die gleichmäßige Höhe der Kurven für jeden Daumen des Daumenrades bei gleicher

Geschwindigkeit der Bewegung giebt einen Maßstab für die gleichmäßige Wirkungsweise des Hammers ab.

Derartige Kurven werden sowohl für übertrieben schnellen Gang des Hammers als für die gebräuchliche Geschwindigkeit (150 Schläge in $2^1/_2$ Minuten) aufgenommen.

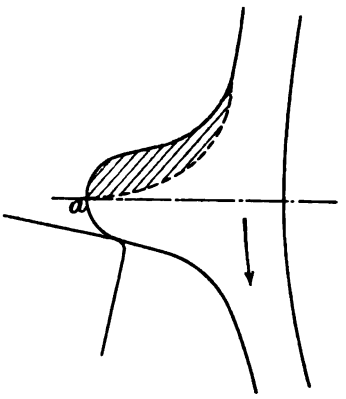


Fig. 3.

Um Fehler auszuschließen, welche die Gestaltung der Daumen des Daumenrades, die in Fig. 3 skizzirt ist, auf die Hubhöhe der Hämmer früher dadurch ausübte, daß der Hammer von dem äußersten Punkte a des Daumens aus nicht immer frei fiel, hat die Versuchsanstalt die Daumen neuerdings so abgeändert, daß der in der Figur schraffirte Theil weggenommen ist. Hierdurch wird bei scharfkantiger Gestaltung des Hammerschwanzes erreicht, daß der Daumen auf dem Schwanz nur bis zum Punkt a gleitet und dann den Hammer fallen läßt.

Die durch das chemische Laboratorium für Thonindustrie neu in den Handel gebrachten und in der Versuchsanstalt geprüften Apparate weisen die neue Form der Daumenräder auf.

Derartige Apparate sind bereits mehrfach zur Prüfung gelangt.

Zu c des Prüfungsprogramms werden die Zug- und Druckformen in ihren wesentlichen Theilen mit Lehren nachgemessen. Ihr Inhalt wird durch Ausgießen mit reinem Cement und Bestimmung des Rauminhaltes des so entstehenden Körpers festgestellt.

Der Inhalt der Zugformen soll 70 ccm, der der Druckformen 355 ccm betragen.

Zu d wird die größere oder geringere Vollkommenheit der mechanischen Ausführung der Apparate kontrolirt; durch Einschlagen von Probekörpern werden eventuell eintretende Beeinflussungen der Versuchsergebnisse festgestellt.

Alle wesentlichen Theile des Apparates müssen mit den Apparaten der Versuchsanstalt übereinstimmen, falls die Uebereinstimmung der Versuchsergebnisse gewünscht wird. Insbesondere wird darauf aufmerksam gemacht, daß ein Apparat mit denen der Versuchsanstalt nur dann übereinstimmende Werthe liefern kann, wenn er auf einem gemauerten Fundament sicher befestigt und sorgfältig mit Cement ohne Hohlräume vergossen ist und wenn er mit einer Geschwindigkeit von 150 Schlägen in $2^1/_2$ Minuten betrieben wird.

Der Befund des Vergleichs der Apparate wird in das Prüfungszeugniß aufgenommen. Die geprüften Apparate und Formen werden durch Einschlagen eines Stempels gezeichnet.

Allen den Fabriken, welche auf Uebereinstimmung ihrer Festigkeitszahlen mit denen der Versuchsanstalt Werth legen, ist die Abänderung und nachträgliche Prüfung ihrer Apparate zu empfehlen.

3. Die quantitative Bestimmung des Paraffins in Destillaten des Rohpetroleums und des Braunkohlentheers.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung, Dr. D. Holde und Assistenten Dr. L. Allen.

I. Einleitung.

Um in einem hellen Mineralmaschinenöl den etwa vorhandenen Gehalt an Paraffin bestimmen zu können, hatte der eine von uns vor einiger Zeit die bekannten Methoden zur Bestimmung des Paraffins in den oben genannten Destillaten einer kritischen Prüfung unterzogen und hierbei gefunden, daß nur ein von Engler und Böhm gelegentlich gemachter Vorschlag für den ins Auge gefaßten besonderen Zweck geeignet sei[1]). Die genannten Verfasser schlugen vor, das Paraffin in den ätherischen, stark abgekühlten Lösungen der Destillate durch absoluten Alkohol zu fällen. An einer größeren Reihe von Versuchen wurde nun in weiterer Verfolgung des Engler-Böhmschen Vorschlags gezeigt, daß man aus verschiedenen Mineralölen künstlich zugesetzte Mengen eines Hartparaffins (Schmelzpunkt etwa 54 C°, Herkunft nicht bekannt) am besten in folgender Weise quantitativ abscheiden könne:

> Man löst eine gewogene Menge (5—10 g) des zu prüfenden Oeles bei Zimmerwärme in einem Gemisch von 1 Theil absolutem Alkohol und 1 Theil Schwefeläther bis zur klaren Lösung auf, fügt alsdann unter beständiger Abkühlung bis auf — 18 bis — 20° so viel des Gemisches von Alkohol und Aether zu, bis alle öligen Theile bei den genannten Kältegraden gelöst erscheinen und nur Paraffinflocken sichtbar sind. Letztere werden alsdann auf einem, durch eine Kältemischung stark (bis — 18°) gekühlten Trichter von der ätherisch-alkoholischen Lösung durch Filtration befreit, von etwa noch anhaftendem Oel durch Waschen mit entsprechend stark gekühltem Alkohol-Aether gereinigt, und dann mit heißem Benzol in eine tarirte Glasschale gespült. Nach vorsichtigem Verdampfen des Benzols auf dem Wasserbad, welches zum Schluß der Verdampfung stark zum Kochen erhitzt wird, ist der Rückstand (nach sorgfältiger Abtrocknung der Schale) noch im Trockenschrank 1/4 Stunde bei 105° zu erhitzen und nach weiterhin erfolgter Abkühlung im Exsikkator zu wägen.

II. Arbeitsplan.

Wie oben erwähnt, war das vorstehend kurz skizzirte Verfahren zur Bestimmung des Paraffins in den im Allgemeinen nur paraffinarmen Mineralschmierölen ausgearbeitet worden. Den künstlich bereiteten Mischungen von Oel und Paraffin war zunächst ein typisches Hartparaffin (Schmelzpunkt 55—56°) unbekannter Herkunft zu Grunde gelegt worden.

Im Nachfolgenden soll es sich nun darum handeln, die Grenzen der allgemeinen Verwendbarkeit des Verfahrens für weitere Materialien — nicht nur der Petroleumdestillation, sondern auch der Braunkohlentheerindustrie durch Hineinziehung eines thunlich vielseitig ausgewählten Versuchsmaterials kennen zu lernen. Hierbei sollten auch die inzwischen von der Kritik erhobenen Einwendungen gegen Einzelheiten des Verfahrens näher geprüft werden. Die angestellten Versuchsreihen erstreckten sich ferner auf eine erneute Kritik des Aisinmanschen

[1]) „Mittheilungen" 1896 S. 211.

Verfahrens, welches von Holde als unzweckmäßig, jedoch später von Aisinman[1]) wiederum für geeignet zur Paraffinbestimmung in Mineralschmierölen bezeichnet wurde.

Das Programm der Arbeiten betraf, entsprechend den vorstehend entwickelten Gesichtspunkten, folgende Fragen:

a) Welcher Art sind in Bezug auf Löslichkeit und Schmelzpunkt die von verschiedenen Mineralölfabriken aus Rohpetroleum, bezw. dessen Destillaten hergestellten Paraffine?

b) In welchem Maße lassen sich die vorgenannten Paraffinsorten quantitativ nach dem Alkohol-Aetherverfahren aus Mischungen von Oelen mit wenig und mit viel Paraffin (sog. Paraffinmassen) abscheiden?

c) Welche Rolle spielen die von Eisenlohr[2]) beobachtete starke Verdampfbarkeit der Braunkohlentheerparaffine beim Erhitzen auf 100—125° und die merkliche Löslichkeit der Paraffine in Alkohol-Aether und absolutem Alkohol bei —15° als Fehlerquellen bei dem Alkohol-Aether-Verfahren

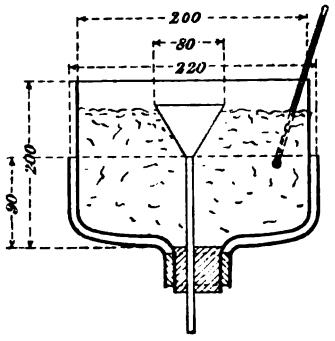
1. bei Paraffinen aus Rohpetroleum?
2. „ „ „ Braunkohlentheerölen?

d) In welchem Umfange ist das Alkohol-Aetherverfahren zur Bestimmung des Paraffins in den Produkten der Braunkohlentheerindustrie zu verwenden? Eine Anwendbarkeit des Verfahrens in dieser Richtung hatte der eine von uns vor einiger Zeit als erfolgversprechend bezeichnet.[3])

e) In welchem Maße ist das oben gekennzeichnete Aisinmansche Verfahren zur Paraffinbestimmung geeignet?

III. Ausführung der Versuche.

Bei Ausführung der kalten Filtrationen hat sich die in nebenstehender Figur skizzirte Vorrichtung, welche gegenüber der früheren in Bezug auf Form und Maße etwas verändert ist, sehr gut bewährt; die Vorrichtung gestattet in der Regel nach einmaliger Einfüllung der Kältemischung (s. Figur), Kältegrade von —20 bis —21° stundenlang konstant zu halten, so daß auch die Filtration der Paraffinfällungen ohne Schwierigkeiten ganz nahe bei diesen Kältegraden vorgenommen werden konnte. Die einmalige Einfüllung einer gut durchgerührten Kältemischung genügte auch meistens zur Durchführung einer vollständigen quantitativen Bestimmung, ohne daß irgend welche Nachfüllungen erforderlich waren. Ferner empfiehlt es sich, bei Oelen mit mäßig hohem Paraffingehalt (d. i. solchen, welche bei Zimmerwärme noch flüssig sind), die zur Auflösung



[1]) Aisinman läßt das Paraffin aus der alkoholischen Lösung der Oele durch Abkühlen auf —15° ausfällen; er hat übrigens während der Niederschrift dieser Arbeit das Verfahren, soweit die Bestimmung des Paraffins in Mineralschmierölen in Frage kommt, augenscheinlich zurückgezogen und hält das Alkohol-Aether-Verfahren für genauer. (Chem. Revue über die Fett- und Harzind. 1897, 106 u. 117. Die einheitl. Prüfungsmethoden in der Mineralölindustrie 1897, Verlag v. Ferd. Enke.)

[2]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1897, 300 und 332.

[3]) Vortrag gehalten im Berliner Bezirksverein deutscher Chemiker s. Ztschr. f. angew. Chem. 1897, 116.

des Oels unter gleichzeitiger Ausscheidung des Paraffins bei — 20 bis — 21° nothwendige Alkohol-Aethermenge durch einen kleinen Vorversuch im getheilten Reagensglas zu ermitteln und bei dem nachfolgenden Hauptversuch die entsprechende Alkohol-Aethermenge von vornherein bei Zimmerwärme zur Auflösung des Oeles in Anwendung zu bringen. Durch diesen kleinen von Dr. Allen erprobten Kunstgriff konnte in einzelnen Fällen das Paraffin leichter ölfrei erhalten werden, als wenn allmählich beim Abkühlen der Masse auf — 20° Alkohol-Aether bis zur anscheinend vollständigen Auflösung des ganzen Oeles hinzugefügt wurde. Auf diese Weise und durch die starke andauernde Abkühlung beim Filtriren auf etwa — 20° gelang es z. B. aus dem farblosen, bei — 20° klar flüssigen Paraffinöl, in welchem früher nur der quantitativen Bestimmung nicht zugängliche Spuren Paraffin erkannt werden konnten, 0,4 % eines sehr weichen, bei + 35° schmelzenden Paraffins abzuscheiden. Für die Leistungsfähigkeit des Verfahrens in Bezug auf die Charakterisirung des Paraffingehaltes eines Oeles ist dieser Versuch bezeichnend.

Weiterhin gelangten bei der Untersuchung von halbflüssigen, salbenartigen und festen Paraffinmassen, welche gleichfalls in den Kreis nachfolgender Versuche hineingezogen wurden, folgende Modifikationen zur Anwendung:

Statt der bei Oelen benutzten Menge von 3—10 g wurden, entsprechend dem höheren Paraffingehalt, je nach der Konsistenz 0,5—2 g Substanz benutzt. Die salbenartigen und festen Proben wurden bei Zimmerwärme in einem 20—25 mm weiten Reagensglase in Schwefeläther unter Vermeidung jeden Ueberschusses gelöst; zur klaren Lösung wurde die gleiche Menge absoluten Alkohols hinzugefügt und die Masse, unter Umrühren mit dem Thermometer, in der Kältemischung der Filtrirvorrichtung auf — 20 bis — 21 C° abgekühlt. Wurde die Masse hierbei zu dick, so wurde sie durch Zugabe von Alkohol-Aether (1 : 1) auf die zur Filtration erforderliche Konsistenz unter Vermeidung eines unnöthigen Ueberschusses Alkohol-Aether gebracht[1]). Wie die Zahlen in Tab. 2 und 3 zeigen, blieben mehrfach merkliche Mengen Paraffin bei der ersten Fällung des Paraffins in Lösung, deswegen wurde bei einer Reihe von Proben versucht, aus den Filtraten der ersten Fällungen durch theilweises oder vollständiges Eindampfen, Wiederauflösen in Alkohol-Aether und Abkühlen noch gelöstes Paraffin abzuscheiden. Es gelang auf diese Weise, die vollständigen bezw. annähernd vollständigen Mengen der zugesetzten Paraffine abzuscheiden.

Die abgeschiedenen Paraffinmengen wurden bei den neueren Versuchen stets direkt in bis 50° siedendem Petroleumbenzin gelöst und auf dem Wasserbade durch vorsichtiges Erhitzen von Benzin befreit. Wenn sich in dem warmen Rückstand geringe Mengen Wassertröpfchen zeigten, so wurden diese durch Eindampfen mit wenigen ccm absoluten Alkohols zur völligen Verdunstung gebracht.

IV. Versuchsergebnisse.

a. Die Schmelzpunkte und Löslichkeitsverhältnisse der aus dem Rohpetroleum gewonnenen Paraffine.

Zur Erlangung eines geeigneten Versuchsmaterials wurde eine Reihe von bekannten Mineralölraffinerien und Kerzenfabriken, welche Erdölparaffin herstellen, um Einsendung ihrer typischen fertigen Paraffinmarken ersucht. Die gewünschten Proben wurden von den Fabriken, deren Namen in Tab. 1 genannt sind, bereitwilligst zur Verfügung gestellt. Die Schmelz-

[1]) Zum Auflösen der Paraffinmassen wurden im Allgemeinen bei — 20° 10—20 ccm, zum Auswaschen der Niederschläge 12—30 ccm, ausnahmsweise bis 40 ccm Alkohol-Aether benutzt.

221839

Tabelle 1. **Uebersicht über die Schmelzpunkte und einige Löslichkeitszahlen von Paraffinen aus Rohpetroleum.**

(Geordnet nach wachsenden Schmelzpunkten.)

Lfd. Nr.	Hergestellt bezw. eingesandt von	Rohmaterial	Schmelzpunkt C°		Löslichkeit. Es werden gelöst ... g Paraffin in 100 Theilen							
			nach Angabe des Einsenders	Kontrole der Versuchsanstalt[1])	absol. (99,8 proc.) Alkohol bei C°				Alkohol-Aether (1 : 1) bei C°			
					+ 20	+ 17	0	− 15	− 15	− 16	− 19	− 20
1	Versuchsanstalt	amerikan. Schmieröl	—	36—38	—	—	—	—	—	—	—	—
2	?	?	—	42,5	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Petroleumraffinerie Orsowa	Rohöl, galizisch (?)	48—50	48—50	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Petroleumraffinerie vorm. Aug. Korff, Bremen	amerikanisch	50—51	48—51	0,185	—	0,052	—	—	0,077	—	—
5	desgl.	desgl.	51—52	48,5—52	—	—	—	0,017	0,069	—	0,060	—
6	Märkische Kerzenfabrik Heilborn & Co., Frankfurt a. O.	desgl.	52—53	48—53	—	—	—	—	—	—	—	—
7	Petroleumraffinerie vorm. Aug. Korff, Bremen	desgl.	52—53	50—53,5	—	—	—	—	—	—	—	—
8	desgl.	desgl.	53—54	51—55	0,139	—	0,041	—	—	—	—	—
9	Mineralölraffinerie u. Kerzenfabrik D. Fanto & Co., Pardubitz	galizisch	56—57	54—57	0,097	—	0,022	0,015	—	—	—	0,030
10	Dr. Aisinman	?	—	etwa 60	—	0,034	—	0,016	—	—	—	—

punkte der verschiedenen Paraffine, sowie einige Löslichkeitszahlen für Alkohol-Aether und absoluten Alkohol sind in vorstehender Tab. 1, welche nach steigenden Schmelzpunkten geordnet ist, aufgezählt. Die von den Fabriken mitgetheilten Schmelzpunkte wurden von uns nach der Capillarrohrmethode kontrolirt. Während im Endpunkt des Schmelzens zwischen den Angaben der Versuchsanstalt und denjenigen der Einsender durchweg sehr gute Uebereinstimmung besteht, gehen die Angaben über den Beginn des Schmelzens mehr auseinander. Diesen Unterschieden dürfte jedoch keine Bedeutung beizulegen sein, weil sie wahrscheinlich nur auf die Unterschiede in den benutzten Methoden zurückzuführen sind. Die Einsender dürften zumeist die bekannte Hallenser Methode benutzt haben, bei welcher der Beginn des Erstarrens eines auf heißem Wasser schwimmenden Paraffintropfens bestimmt wird. Bei der von uns angewendeten Methode wurden die das Schmelzen der Hauptmasse einleitenden geringen Schmelzerscheinungen als Beginn des Schmelzens niedergeschrieben. Daher erscheinen die Unterschiede zwischen Beginn

[1]) Diese Kontrolbestimmungen wurden im Kapillarröhrchen ausgeführt und dienten nur zur ungefähren Bestätigung der Richtigkeit der von den Einsendern gemachten Angaben.

und Endpunkt des Schmelzens bei den einzelnen Proben verhältnißmäßig groß. Schließlich wird auch die Ordnung der Paraffine nach wachsenden Schmelzpunkten in der vorstehenden Tab. 1 durch die erwähnten Unterschiede zwischen unseren Angaben und denjenigen der Einsender in keiner Weise berührt. Die von den verschiedenen Fabriken mitgetheilten Schmelzpunkte zeigen, daß die von ihnen hergestellten Paraffine vorwiegend nur bessere d. h. Kerzenparaffine oder sog. Hartparaffine (über 50° schmelzend) darstellen. Weichparaffine, denen bekanntlich Eisenlohr bis zu ganz niedrigen Schmelzpunkten herab eine nicht unerhebliche wirthschaftliche Bedeutung in der Verarbeitung und Untersuchung der Braunkohlentheerdestillate beimißt[1]), scheinen bei der Verarbeitung von Rohpetroleum auf Paraffin nur Neben- bezw. Abfallprodukte darzustellen, welche zu Imprägnirungszwecken u. s. w. Verwendung finden. Die Beigabe von solchen Abfallparaffinen zum Kerzenparaffin setzt selbst in verhältnißmäßig geringen Zusätzen die Qualität des letzteren erheblich herunter.

Betrachten wir nun die Löslichkeitsverhältnisse der Hartparaffine für Alkohol und Alkohol-Aether, so gelangen wir zu folgenden Ergebnissen: Die Löslichkeit des Paraffins in Alkohol absol. ist bedeutend größer, als es Aisinman annimmt, bei 20° werden von 100 Theilen absolutem Alkohol 0,1—0,19 Theile Paraffin gelöst, bei — 15° 0,015—0,017 g. Die Löslichkeit wächst sowohl für Alkohol als für Alkohol-Aether mit fallendem Schmelzpunkt des Paraffins.

Die Löslichkeit der Paraffine in Alkohol-Aether ist naturgemäß noch größer als in absolutem Alkohol, selbst bei — 19 bis — 20° d. i. denjenigen Kältegraden, bei denen nach dem Alkohol-Aetherverfahren das Paraffin gefällt wird, lösen sich sehr beträchtliche Mengen (0,03—0,06 g) in 100 Theilen Alkohol-Aether.

b. Die Anwendbarkeit des Alkohol-Aetherverfahrens zur Untersuchung von Destillaten der Petroleumindustrie.

Würde man nun ohne Weiteres die oben mitgetheilten Löslichkeitsziffern für die bei der Paraffinbestimmung zum Lösen des Oeles und Auswaschen des gefällten Paraffins anzuwendenden Mengen Alkohol-Aether in Rechnung setzen, so würde das Alkohol-Aetherverfahren allerdings nicht nur für die in Alkohol-Aether leicht löslichen Weichparaffine, sondern auch für die Bestimmung der wichtigen Paraffinsorten d. i. der Kerzenparaffine zu niedrige Zahlen ergeben. Wie aber eine nähere Ueberlegung zeigt, und auch aus der thatsächlich vorhandenen guten Uebereinstimmung zwischen den den Oelen zugesetzten und den wiedergefundenen Mengen härterer Paraffine (über 48° schmelzend) hervorgeht, ist diese Rechnung nicht zutreffend. Bei der quantitativen Paraffinbestimmung wird das Paraffin ja nicht aus reiner alkoholisch-ätherischer Lösung, sondern aus einer mit Oel gesättigten oder mindestens beträchtliche Oelmengen enthaltenden Lösung gefällt; nach den Ergebnissen der in Tab. 2 und 3 und der früheren Veröffentlichung mitgetheilten quantitativen Bestimmungen muß angenommen werden, daß das Lösungsvermögen des mit Oel gesättigten Alkohol-Aethers für Paraffin geringer ist als dasjenige des reinen Alkohol-Aethers. Die zum Auswaschen des gefällten Paraffins nöthigen Alkohol-Aethermengen bemächtigen sich ferner beim Durchfließen durch die auf dem Filter befindliche lockere Paraffinmasse in der Hauptsache zuerst des leicht löslichen Oels und erst, wenn dieses ausgewaschen ist, des reinen Paraffins; man kann also die Mengen Auswaschflüssigkeit nicht ohne Weiteres als Lösungsmittel für das auszuwaschende Paraffin

[1]) Diese Ansicht hat Eisenlohr in Verfolg seiner oben citirten Arbeit näher brieflich begründet (siehe Seite 16).

Tabelle 2. Bestimmungen des Paraffingehaltes in künstlich hergestellten Mischungen von farblosem Paraffinöl und Paraffin.

NB. Bei den mit * bezeichneten Versuchen war die Art und Menge des zugesetzten Paraffins dem Beobachter unbekannt.

Nr. der Mischung und Konsistenz bei Zimmerwärme	Nr. und Schmelzpunkt des zugesetzten Paraffins	% zugesetztes Paraffin	Gefundener Prozentgehalt an Paraffin[1]				Schmelzpunkt des abgeschiedenen Paraffins C°	Bemerkungen
			Einzelwerthe		Summe von erster und Filtratfällung	Mittelwerth[2]		
			erste Fällung	Filtrat der ersten Fällung				
1 flüssig	—	0	0,38 0,38 (0,10)	— — —	— — —	0,38	etwa 35	—
2 flüssig	1 36—38 C°	1,98	0,79	—	—	0,79	39—45	—
3 salbenartig	2 42,5 C°	5	4,25 *	—	—	4,25	43—45,5	—
4 salbenartig		6	4,55 4,46 4,46	— — —	— — —	4,49	40—44 — —	—
5 flüssig	3 48—50 C°	3	2,73	—	—	2,73	49—51	—
6 salbenartig		5	4,98 4,70	— 0	— 4,70	4,84	42,5—49 48—50	—
7 fest		50	48,43	0,16	48,59	48,59	47—50,5	—
8 flüssig	4 48—51 C°	1	1,09	—	—	1,09	—	—
9 flüssig		1,5	1,33 1,33 1,93 * 1,42 *	— — — —	— — — —	1,48	45—50 — 44—50 47—49	—
10 flüssig		2,91	(2,29) (2,25) 2,38 2,91 3,02 2,38 2,79	— — — — — — —	— — — — — — —	2,70	— — — — 50—51 52—53 50—51	—
11 flüssig		3	2,94 3,40 2,99 2,57 2,73 2,85 *	— — — — — —	— — — — — —	2,91	47—50 45—50[3] 47—51[3] 46—51 49—51 41—50,5	[3] Geringe Schmelzerscheinungen waren schon bei 39° zu bemerken.
12 fest		30	28,13 * 28,44 29,16 *	— 0,36 0	— 28,80 29,16	28,98	48—51 49—52,5 47—52	—

[1]) Von den in den künstlich bereiteten Mischungen gefundenen Prozentgehalten an Paraffin ist die im unvermischten Paraffinöl gefundene Menge von 0,4 % Paraffin in Abzug gebracht worden.

[2]) Zur Mittelbildung sind die eingeklammerten Werthe, sowie diejenigen unter nur einmaliger Fällung ausgeführten Bestimmungen nicht herangezogen worden, bei denen eine weitere Fällung im Filtrat nicht stattgefunden hat, jedoch zur vollständigen Ausfällung des Paraffins erforderlich gewesen wäre.

Nr. der Mischung und Konsistenz bei Zimmerwärme	Nr. und Schmelzpunkt des zugesetzten Paraffins	% zugesetztes Paraffin	Gefundener Prozentgehalt an Paraffin[1])				Schmelzpunkt des abgeschiedenen Paraffins C°	Bemerkungen
			Einzelwerthe		Summe von erster und Filtratfällung	Mittelwerth[2])		
			erste Fällung	Filtrat der ersten Fällung				
13 fest	4 48—51 C°	50	(47,64) 48,57 49,37 49,11 48,00 47,53 *	— — — — — 0,53	— — — — — 48,06	48,62	49—51 — — 49—51 49—51 47—52	—
14 fest		80	77,00 77,06 77,43 77,92 *	— — — 0,95	— — — 78,87	78,87	— 47—51 — 48—51,5	—
15 fest	5 48,5—52 C°	50	49,58	0,38	49,96	49,96	48,5—51,5	—
16 fest		80	77,26 78,15 77,38	0,32 0,12 1,15	(77,58) 78,27 78,53	78,40	46—52 48,5—51,5 —	—
17 fest	6 48—53 C°	90	88,17	—	88,17	88,17	48—53	—
18 flüssig	9 54—57 C°	1,50	1,50	—	—	1,50	—	—
19 flüssig		3	3,29 3,19	— —	— —	3,24	— —	—
20 salbenartig		6	6,15	—	—	6,15	50—55,5	—
21 fest		50	48,46 48,92 49,70 *	— 0,29 0,78	— 49,21 50,48	49,85	53,5—56,5 53—57 53—56,5	—
22 fest		80	78,93 *	0,95	79,88	79,88	—	—

betrachten. Selbstverständlich gelten diese Betrachtungen nur für die zur Kerzenfabrikation in Frage kommenden, wenigstens über 48° schmelzenden Paraffine der Petroleumindustrie. Diese Paraffine lassen sich, wie die Versuche in Tab. 2 und 3 zeigen, nicht nur in Mineralschmierölen, sondern auch in beliebigen anderen Produkten z. B. festen Paraffinmassen mittelst des Alkohol-Aetherverfahrens mit hinreichender Genauigkeit quantitativ ausfällen[3]). Weichere Paraffinsorten besitzen, wie die quantitativen Bestimmungen in Tab. 2 und 3 zeigen, so große Löslichkeit, auch in alkohol-ätherischer Oellösung, daß man die absoluten zugesetzten bezw. vorhandenen Paraffinmengen nicht nach dem Alkohol-Aetherverfahren gewinnen kann; man muß sich vielmehr mit Vergleichswerthen begnügen, deren Brauchbarkeit durch die Uebereinstimmung der Versuchsergebnisse mit verschiedenen Proben gleichen Materials bei gleichmäßiger Arbeitsweise gewährleistet ist. Es liegen Mittheilungen von zuverlässiger Seite aus der Praxis der Petroleumindustrie vor, nach denen sich das Verfahren in letztgenannter Hinsicht für

[1]) u. [2]) Siehe Anm. S. 102.

[3]) Zur Verschärfung der Genauigkeit der Ergebnisse kann man auch Korrekturen in Anwendung bringen, welche für Paraffinmassen etwa + 1,0 %, für Oel + 0,2 % zu betragen haben.

Tabelle 3. Bestimmungen des Paraffingehaltes in Mischungen eines schweren russischen Mineralöls[1]) mit Paraffin.

Nr. der Mischung und Konsistenz bei Zimmerwärme	Nr. und Schmelzpunkt des zugesetzten Paraffins	% zugesetztes Paraffin	Gefundener Prozentgehalt an Paraffin[2])				Schmelzpunkt des abgeschiedenen Paraffins C°	Bemerkungen
			Einzelwerthe		Summe von erster und Filtratfällung	Mittelwerth		
			erste Fällung	Filtrat der ersten Fällung				
1 flüssig	—	0	0,84 0,82	— —	— —	0,83	40—42	—
2 salbenartig	2 42,5 C°	5	3,64	—	—	3,64	43—45	Art und Menge des zugesetzten Paraffins dem Beobachter unbekannt.
3 fest	4 48—51 C°	90	85,72 86,67 87,77 89,32 89,38	— — 2,06 0,90 0,81	— — 89,83 90,22 90,19	90,08	48—51,5 — — — —	—

Weichparaffinmassen zur Identifizirung verschiedener Posten Waare bewährt hat; weitere Mittheilungen über diese Versuche sind zugesagt und werden eventl. später veröffentlicht werden.

c. Der Einfluß der Verdampfbarkeit des Paraffins beim Erhitzen auf 105° auf die Zuverlässigkeit der quantitativen Bestimmung.

Nach Eisenlohr verdampfen durch 2stündiges Erhitzen von Weichparaffinen auf 100 bezw. 125° so erhebliche Mengen, daß alle Methoden, welche zur Trocknung des Paraffins bei mehr als 100° anwenden, von ihm als untauglich zur Bestimmung von Weichparaffin angesehen werden. Für das Alkohol-Aetherverfahren, bedarf die Ansicht Eisenlohrs von vornherein insofern einer erheblichen Beschränkung, als hier grade in Rücksicht auf die Verdampfbarkeit des Paraffins nicht 2stündige, sondern nur ¼ stündige Trocknung des Paraffins bei 105° zur Anwendung empfohlen ist. Nichtsdestoweniger schien es zur Ergänzung der an sich werthvollen Beobachtungen Eisenlohrs angebracht, die durch ¼ stündiges Trocknen des Paraffins bei 105° und vorherige Erhitzung auf dem Wasserbade entstehenden Fehler zu studiren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind, soweit sie an dem zunächst zur Verfügung stehenden ziemlich großen Material an weichen und härteren Paraffinen aus der Braunkohlentheer- und Petroleumindustrie ausgeführt wurden, in den Tab. 4 und 5 zusammengestellt. Die Ergebnisse zeigen, daß für die sämmtlichen hier aufgeführten Proben, welche Schmelzpunkte bis zu 26° herab zeigten, der von Eisenlohr erhobene Einwand gegen das Alkohol-Aetherverfahren nicht zutraf. Nachdem Herr Dr. Eisenlohr von diesen Beobachtungen brieflich in Kenntniß gesetzt worden war, stellte er in dankenswerther Weise einige seiner Paraffinproben zur Verfügung, von welchen nach seinen inzwischen vorgenommenen Versuchen auch durch ¼ stündiges Erhitzen auf 105° noch mehrere Prozente verdampften. Die in der

[1]) Das Oel hat bei 50° den Flüssigkeitsgrad nach Engler 7,0, steigt im 6 mm weiten U-Rohr bei 50 mm Wasserdruck bei — 8,4° — 21 mm, bei — 15° — 3 mm, bei — 20° — 0 mm.

[2]) Von den in den künstlich bereiteten Mischungen gefundenen Prozentgehalten an Paraffin ist die im unvermischten Paraffinöl gefundene Menge von 0,8 % Paraffin in Abzug gebracht worden.

Tabelle 4. Verdampfungsfähigkeit verschiedener Paraffine.

Versuchsausführung: Die angegebenen Gewichtsmengen Paraffin wurden nach Auflösen in 25—40 ccm Benzin oder Benzol in einer geräumigen Glasschale auf dem kochenden Wasserbade vom Lösungsmittel befreit. Die Schalen wurden dann abgewischt und bei 105° im Trockenschrank erhitzt.

Nr. des Paraffins	Herkunft des Paraffins	Schmelzpunkt C°	Angewandte Menge g	Gelöst in	Dauer des Trocknens Std.	Gewichtsveränderungen nach dem Trocknen	Verdampfungsmengen in % nach ¼stündig. Erhitzen auf 105°	Sonstige Beobachtungen
1	aus amerikanischem Mineralschmieröl	33—36	0,2172	bis 50° siedendem Benzin	¼	— 0,0027	1,2	—
2	unbekannt	42,5	0,2272	40 ccm bis 50° siedendem Benzin	¼	— 0,0006	0,3	Eine fein geschabte Portion des Paraffins, 0,2266 g, nahm bei 40stündigem Stehen im Exsikkator um 0,0006 g an Gewicht zu.
4	aus amerikanischem Erdöl	48—51	0,1703	25 ccm Benzol	¼	— 0,0014	0,8	—
		48—51	0,1491	25 ccm bis 50° siedendem Benzin	2	— 0,0044		
8	aus galizischem Erdöl	54—57	0,2194	40 ccm bis 50° siedendem Benzin	¼	— 0,0007	0,3	Eine fein geschabte Portion des Paraffins, 0,2192 g, nahm bei 40stündigem Stehen im Exsikkator um 0,0002 g an Gewicht zu.

Versuchsanstalt vorgenommene Kontrole dieser Versuche (siehe Tab. 6) bestätigte im Wesentlichen die Mittheilungen Eisenlohrs, so daß wir in dessen Präparaten Produkte von eigenartig starker Verdampfbarkeit zu erblicken haben.

Erhitzt man freilich die in Benzin gelösten Eisenlohrschen Paraffine nur bis zum Verschwinden des Benzingeruchs auf dem Wasserbad und unterläßt das nachherige Trocknen bei 105°, so sind die Verdampfungsverluste nur gering und können in einer großen Zahl von Fällen vernachlässigt werden, z. B. dort, wo das auf Paraffingehalt zu untersuchende Material zum geringeren Theil aus derartig leicht verdampfbaren Paraffinen besteht. Wie übrigens neuere, in Rücksicht auf die Eisenlohrschen Beobachtungen ausgeführte Versuche gezeigt haben, genügt zur bloßen Trocknung des Paraffins die Erhitzung der Benzinlösung des letzteren auf dem Wasserbade bis zum Verschwinden des Benzingeruchs, nachheriges sorgfältiges Abwischen der Schale und Abkühlenlassen im Exsikkator (siehe Tab. 4—7).

Die bei den quantitativen Bestimmungen (Tab. 5) erhaltenen Prozente an Paraffin weichen, sofern das gefällte Paraffin in der zuletzt beschriebenen Weise gewonnen wurde, in einer für technische Zwecke nicht in Betracht fallenden Höhe von denjenigen Werthen ab, welche unter weiterer Trocknung des auf dem Wasserbad erhitzten Paraffins bei 105° und nachheriger Abkühlung im Exsikkator erhalten wurden.

Daß auch durch das Erhitzen der Schalen auf dem Wasserbade, nachheriges Abwischen der letzteren und Abkühlung im Exsikkator ein genügender Trockenzustand der bloßen Schalen erreicht wird, zeigen die Versuche in Tab. 7.

Tabelle 5. Einwirkung einer 1/4stündigen Erhitzung auf

(Die angeführten Werthe sind den quantitativen Paraffinbestimmungen

		Paraffine aus Braunkohlentheerölen								
Lfd. Nr. des Oeles bezw. der Paraffinmasse . .		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gefundener Prozentgehalt an Paraffin	Paraffin nur durch Erhitzen auf dem Wasserbade vom Benzin befreit .	5,33	6,95	16,66	23,39	23,27	24,25	88,27	27,80	26,80
	Paraffin nach Erhitzen auf dem Wasserbade eine Viertelstunde bei 105 C° getrocknet	5,24	6,86	16,48	23,26	23,13	24,14	88,11	27,60	26,56
Beim 1/4stündigen Erhitzen auf 105 C° verdampfte Paraffinmenge in Prozenten, berechnet auf die angewandte Analysensubstanz .		0,09	0,09	0,18	0,13	0,14	0,11	0,16	0,20	0,24
Schmelzpunkt des abgeschiedenen Paraffins C° . .		26—27	34—36	37,5—43,5	38—41,5	39—41,5	39—41,5	40—46	41—47,5	44—48

Tabelle 6. Versuche über die Verdampfbarkeit von Weichparaffinen aus Braunkohlentheer.

(Proben von Eisenlohr.)

Die Paraffinproben wurden in Petroleumbenzin (bis 50 C° siedend) gelöst, das Lösungsmittel auf dem Wasserbade verjagt und die wiedergewonnenen Paraffine im Trockenschrank getrocknet.

Lfd. Nr.	Angewandte Paraffinmenge g	Schmelzpunkt des angewandten Paraffins C°	Dauer der Erhitzung im Trockenschrank bei C°	Gewichtsverlust, Prozent: nach Erhitzen auf dem Wasserbade bis zum Verschwinden des Benzingeruchs	Gewichtsverlust, Prozent: nach Erhitzen auf dem Wasserbade und im Trockenschrank	Schmelzpunkt des wiedergewonnenen Paraffins C°
1	0,3045	29—30,5	2 Min. 98—100 1 „ 100—105 12 „ 105	—	6,47	29—31
	0,3072				7,39	
	0,2995		3 Min. 98—106 12 „ 106	2,20	6,51	
2	0,3012	30—31,5	4 Min. 94—105 15 „ 105	2,36	5,47	31
	0,3003		4 Min. 92—106 12 „ 106	1,56	6,03	
3	0,2748	33—34	4 Min. 94—105 15 „ 105	2,08	5,60	33—34
	0,2702		3 Min. 96—106 12 „ 106	1,59	6,99	
4	0,2964	37—38,5	15 Min. 105	0,78	(7,43)	—
	0,3058			1,21	3,10	
	0,3016		4 Min. 92—106 12 „ 106	1,36	3,84	

105 C° auf das Verdampfungsvermögen von Paraffinen[1]).

in Paraffinölen und Paraffinmassen [Tab. 2 und 3] entnommen.)

Paraffine aus amerikanischen und galizischen Mineralölen										
10	11[2])	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,82	4,67	1,42	28,20	47,82	49,53	6,21	48,72	49,47	0,40	77
0,82	4,55	1,42	28,13	47,64	49,11	6,15	48,57	49,37	0,38	76,84
0	0,12	0	0,07	0,18	0,42	0,06	0,15	0,10	0,02	0,16
40—42	40—44	47—49	48—51	49—51	49—51	50—55,5	—	—	—	—

Tabelle 7. **Gewichtsveränderungen von Glasschalen beim Trocknen im Exsikkator, auf dem Wasserbade und im Trockenschrank.**

Lfd. Nr.	Ursprüngliches Gewicht der Glasschale g	Gewichtsveränderung der Schale (mg) gegenüber dem anfänglichen Gewichte			
		nach ¼stündigem Trocknen im Exsikkator	nach weiterem ¼stündigem Erhitzen auf dem Wasserbade	nach weiterem ½stündigem Erhitzen im Trockenschrank bei 105 C°	nach weiterem 2stündigen Erhitzen im Trockenschrank bei 102—104 C°
1	40,5610	— 0,7	— 1,1	— 1,5	— 1,8
2	39,4783	— 0,6	— 1,3	— 1,3	— 1,1

d. Die Verwendbarkeit der Alkohol-Aethermethode zur Untersuchung von Braunkohlentheerdestillaten.

Aus den Versuchen Eisenlohrs und den obigen Versuchen geht hervor, daß die Alkohol-Aethermethode, welche in der von uns vorgeschlagenen Form für die über 48° schmelzenden sog. Hartparaffine brauchbare Zahlen liefert, für Weichparaffine wegen deren theilweiser Löslichkeit in Alkohol-Aether nicht absolute, sondern nur relative Vergleichswerthe liefert. Es schien nun von Interesse, die allgemeine Leistungsfähigkeit des Verfahrens bei der Untersuchung von Rohmaterialien aus der Braunkohlentheerdestillation, deren Betriebsausbeuten bekannt waren, kennen zu lernen. Eine Reihe solcher Proben verdanken wir der Güte des Herrn Dr. Krey, Direktor der Riebeckschen Montanwerke. Die von Dr. Krey dem Betrieb entnommenen Proben wurden nach dem Alkohol-Aetherverfahren in der Versuchsanstalt auf ihren Paraffingehalt, zunächst ohne daß der Versuchsausführende Kenntniß von den Betriebs-

[1]) Die Reihen sind nach steigenden Schmelzpunkten geordnet.

[2]) Die Herkunft dieses Paraffins ist nicht mit Sicherheit festgestellt.

zahlen besaß, geprüft; die Ergebnisse wurden nach Vereinbarung Herrn Dr. Krey an demjenigen Tage brieflich mitgetheilt, an welchem der letztere die Betriebsausbeutezahlen gleichfalls brieflich übermittelte. Die gesammten Vergleichszahlen sind in der Tab. 8 zusammengestellt, sie zeigen, daß thatsächlich zwischen den Betriebszahlen aller Proben und den Analysenergebnissen eine in Rücksicht auf den vorliegenden technischen Zweck der Untersuchung genügende Uebereinstimmung besteht, so daß die allgemeine Benutzung der Methode für die Betriebskontrole eventuell von Vortheil sein dürfte. In keinem Falle hat die Methode geringere Werthe ergeben als der Großbetrieb, die Analysenzahlen waren entweder den zwischen 6 und 92 % Paraffin liegenden Betriebszahlen ganz gleich oder um 1—3 % höher. Bei dem paraffinarmen Braunkohlentheerdestillat Nr. 7, welches für den Betrieb nicht mehr faßbares Paraffin enthält, hat sich die Analyse zur genauen Charakterisirung des Betriebswerthes des Materials gut bewährt; es wurden bei der Analyse etwa 5 % werthloses, bei 26—27° schmelzendes Paraffin abgeschieden.

Eisenlohr meint nun, daß die Alkohol-Aethermethode für die Zwecke der Braunkohlentheerindustrie nicht in Betracht falle, da diese Methode für Erdölrückstände ausgearbeitet sei und die Produkte der Braunkohlentheerindustrie keine in Alkohol unlöslichen Residuen aufweisen. Auch sei die Methode nicht als einwandfrei zu bezeichnen, weil zum Fällen 98,5 prozentiger Alkohol verwandt werde, in welchem selbst bei — 18 bis — 20° Paraffin nicht vollständig unlöslich sei, ferner dürfe das Auswaschen bei dieser Methode nur bis zu einem nicht scharf zu bestimmenden Punkte geschehen, um Verluste von Paraffin zu vermeiden.

Die Ansichten Eisenlohrs sind hier in einigen Punkten nicht zutreffend.

Zunächst ist das Alkohol-Aetherverfahren von Holde nicht für Erdölrückstände, sondern für die in Alkohol bei Zimmerwärme schwer löslichen (nicht etwa unlöslichen) Destillate der Erdölresiduen ausgearbeitet worden. Es ist besonders darauf hingewiesen worden, daß nur residuenfreie Destillate des Erdöls nach dem Verfahren untersucht werden können, da die Residuen in Alkohol unlösliche Pech- und Asphaltstoffe enthalten, welche das Resultat der Paraffinbestimmung werthlos machen würden. Aus der Löslichkeit des Paraffins in absolutem Alkohol- bezw. Alkohol-Aether ohne Weiteres auf eine gleiche Löslichkeit des Paraffins in einer alkoholischen bezw. alkoholisch-ätherischen Oellösung zu schließen, ist, wie schon oben gezeigt wurde, für die gewöhnlichen Paraffinsorten, welche über 48° schmelzen, nicht angängig. Die Löslichkeit des Paraffins in absolutem Alkohol würde daher nur bei der Untersuchung von Weichparaffinmassen als erheblich in Betracht fallen. Daß für diese besonderen Fälle der von Eisenlohr ausgearbeiteten Methode, mit der von dem genannten Autor selbst gegebenen Beschränkung, bei Braunkohlentheerdestillaten der Vorzug zu geben ist, scheint nach Eisenlohrs Versuchen nicht zweifelhaft zu sein.

Die Beurtheilung der Brauchbarkeit einer Paraffinbestimmungsmethode für den Großbetrieb kann also je nach den in Frage kommenden Gesichtspunkten verschiedenartig erfolgen, und es dürfte daher angebracht sein, die zur Zeit an diese Bestimmungen von verschiedenen Seiten gestellten Anforderungen an der Hand des zur Verfügung stehenden Materials hier näher zu erörtern.

In seinem Werk „Die Fabrikation der Mineralöle und des Paraffins aus Schweelkohle, Schiefer ꝛc.“)[1]) präzisirt Scheithauer die an die Paraffinbestimmungsmethode zu stellenden Anforderungen dahin, daß die Methode das im Betriebe durch Abkühlung zu

[1]) Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn, 1895.

Tabelle 8. **Uebersicht über die Paraffinbestimmungen in den von Dr. Krey dem Braunkohlentheerdestillationsbetriebe entnommenen Proben.**

(Geordnet nach fallendem Paraffingehalt der Proben.)

Nr. der Probe	Bezeichnung der Probe durch den Einsender	Aeußere Erscheinungen in der Probeflasche (Sämmtliche Proben riechen kreosotartig)	In der Versuchsanstalt ermittelte Paraffingehalte				In der Versuchsanstalt ermittelter Gesammt-Paraffingehalt	Mittlerer Paraffingehalt nach dem Alkohol-Aether-Verfahren	Betriebsausbeute an Paraffin in % nach Angabe von Dr. Krey	Schmelzpunkte der im Betriebe gewonnenen Paraffine
			erste Fällung	aus dem Filtrat der ersten Fällung abgeschieden	Schmelzpunkte C° erste Fällung	Schmelzpunkte C° zweite Fällung				
1	1. Rohparaffinpreßling (Rohschuppen)	gelbe paraffinartige Masse	94,01 94,27	0,73 1,20	49—53 49—53	— —	94,74 95,47	95,11	88—92	—
2	2. Rohparaffinpreßling (Rohschuppen)	braune paraffinartige Masse mit weißen Ausscheidungen durchsetzt	88,11 85,02 86,07	3,52 4,60 3,12	40—46 43—46 43—46	— etwa 25—28 28—32,5	91,63 89,62 89,19	90,15	88—92	—
3	3. Paraffinhaltiges Destillat (Hartparaffinmassen)	theils fest, theils flüssig, von dunkelgrüner bis bräunlichgelber Farbe	26,56 27,60	1,00 1,37	44—48 41—47,5	— —	27,56 28,97	28,27	nicht näher angegeben	—
4	4. Paraffinhaltiges Destillat (Paraffinmassen)	dunkelbraune Flüssigkeit mit bläulichem Schein	23,13 24,14 23,26	0,39 0,14 1,25	39—41,5 39—41,5 38—41,5	— — 22—25	23,52 24,28 24,51	24,10	23 Rohparaffin	39
5	5. Paraffinhaltiges Destillat (Paraffinmassen)	undurchsichtige Flüssigkeit mit grünem Schein, feste Abscheidungen bemerkbar	16,45 16,48	— —	37—43 37,5—43,5	— —	16,45 16,48	16,47	13 bei —10°	41
6	6. Paraffinhaltiges Destillat, 1 mal entparaffinirt (Ablauföl von Nr. 5), wird im Winter noch einmal entparaffinirt	undurchsichtige Flüssigkeit mit grünschwarzem Schein	6,86 7,76	— 0,03	34—36 34—36	— —	6,86 7,79	7,33	im Laboratorium gefunden 8 im Betriebe erwartet 5—6	—
7	7. Paraffinarmes Braunkohlentheeröl	hellbraune Flüssigkeit	4,87 4,42 5,24	— — —	27—28 26—27 26—27	— — —	4,87 4,42 5,24	4,84	0 Es wird zwar noch die Gegenwart von Paraffin angenommen, jedoch lohnt dessen Verarbeitung nicht mehr.	—

erhaltende, nicht aber das überhaupt im Oele vorhandene Paraffin zu bestimmen ermöglichen müsse. Bei geeigneter Handhabung bezw. entsprechender von ihm beschriebener Modifikationen genüge die Zaloziecki'sche Methode den vorstehenden Anforderungen. Diesen Anschauungen tritt Dr. Krey, wie wir aus dessen brieflichen und persönlichen Mittheilungen entnehmen, vollkommen bei. Eisenlohr geht bekanntlich in seinen Anforderungen an die Paraffinbestimmungsmethode bedeutend weiter; er mißt den in den Braunkohlentheerölen vorhandenen sehr weichen bis zu Zimmerwärme herab schmelzenden Paraffinen wegen ihrer Beziehung zum Vergasungswerth der Oele und aus anderen Gründen größere wirthschaftliche Bedeutung bei, und verlangt, daß alle diese Paraffine quantitativ zu bestimmen sind. Die Methode von Zaloziecki wird von ihm gänzlich verworfen; sie kann natürlich seinen Anforderungen ebensowenig wie die Alkohol-Aethermethode, deren Ergebnisse sich mit den thatsächlichen Betriebsausbeuten entweder decken oder sogar ein klein wenig höher als diese ausfallen (siehe Tab. 8), nicht genügen.

Es muß nach alledem den in der Industrie stehenden Technikern überlassen bleiben, nach Maßgabe der Verschiedenartigkeit der Betriebe und Untersuchungszwecke die für sie geeigneten Methoden auszuwählen.

Sehr im Unklaren liegt auch die Definition des technischen Begriffs „Paraffin", und es dürfte wegen der Beurtheilung der analytischen Methoden der Paraffinbestimmung an der Zeit sein, im Anschluß an die neueren Versuche Eisenlohrs u. a. dieser Definition eine größere Schärfe bezw. die unseren jetzigen Kenntnissen der Eigenschaften des Paraffins entsprechende Erweiterung zu geben.

Nach Höfer[1]) sind Paraffine weiße, wachsähnliche, zum Theil krystallinische, geruch- und geschmacklose Körper, deren Dichte zwischen 0,869 und 0,943, deren Schmelzpunkte zwischen 38 und 61° schwanken. In chemischer Beziehung erblickt er im Paraffin ein Gemisch von Grenzkohlenwasserstoffen der Formel $C_n H_{2n+2}$.

Nach Scheithauer[2]) schwankt der Schmelzpunkt des Paraffins zwischen 27 und 62°; die Sorten, welche unter 50° schmelzen, führen den Namen „Weichparaffine", die über 50° schmelzenden heißen Hartparaffin. Das Paraffin entzündet sich nach Scheithauer bei 160—165° und verflüchtigt sich bei 350—400°.

Auch nach Benedikt-Ulzer[3]) Beilstein[4]) u. a. besteht Paraffin aus einem Gemenge von Kohlenwasserstoffen der Reihe $C_n H_{2n+2}$.

Eisenlohr hat durch starkes Abkühlen alkoholischer Lösungen von Braunkohlentheerölen Paraffine bis zum Schmelzpunkt + 8° herab gewonnen. Eines dieser „Paraffine" vom Schmelzpunkt 15,5° hatte das weit unter der bisher angenommenen Grenze liegende spez. Gewicht 0,789. Es ist selbstverständlich, daß unter geeigneten Versuchsmodalitäten noch weit tiefer schmelzende Kohlenwasserstoffe, bei denen vielleicht schon Olefine in erheblicher Menge vorhanden sind, abgeschieden werden können. Dodecylen schmilzt bei — 31°, Tedradecylen bei — 12°, Decan bei — 32°, Undecan bei — 26° u. s. w.

Thatsächlich sind auch Olefine sowohl im technischen Paraffin als auch im Erdwachs nachgewiesen worden. Nach Ansicht von Krey enthalten die Eisenlohr'schen Paraffine in erheblicher Menge Olefine, und in den gewöhnlichen reinen Braunkohlentheerparaffinen steigt

[1]) „Das Erdöl und seine Verwandten", Braunschweig, Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1888.
[2]) loc. cit.
[3]) Analyse der Fette und Wachsarten 1897, S. 240
[4]) Handbuch der organischen Chemie 1893.

nach Kreys Versuchen der Gehalt an festen Olefinen mit dem sinkenden Schmelzpunkt der Paraffine. Schon vor Jahren hat Krey in 56grädigem Paraffin 4 %, in 48grädigem Paraffin 6 % Olefine u. s. w. an der Absorption von Jod und an dem Verhalten gegen konzentrirte Schwefelsäure nachgewiesen[1]).

Nach alledem ist die frühere Definition des Paraffins in Bezug auf Charakter der in ihm enthaltenen Kohlenwasserstoffe längst nicht mehr zutreffend[2]). Anders verhält es sich mit den früher angegebenen Grenzen von 26—62° für den Schmelzpunkt. Die eigenartige technische Verwendungsfähigkeit des Paraffins zur Kerzenfabrikation, zur Imprägnirung, zu Lederüberzügen ꝛc. hat eine bei Zimmerwärme und starken bezw. mäßigen Temperaturerhöhungen feste Beschaffenheit des Paraffins zur ersten Voraussetzung. Man kann daher die von Eisenlohr isolirten, bei Zimmerwärme oder in deren Nähe noch flüssigen Paraffine im technischen Sinne kaum noch als Paraffine ansehen, vielmehr könnte man sie als leicht erstarrende Oele hinstellen, deren technischer, bezw. wirthschaftlicher Werth einstweilen noch nicht genügend erwiesen ist. Als Präparate, wie sie z. B. Krey bezeichnet, beanspruchen sie natürlich ihrer eigenartigen Beschaffenheit wegen schon jetzt ein größeres Interesse. Aus den brieflichen Mittheilungen Eisenlohrs sei noch hervorgehoben, daß nach seinen Erfahrungen die Weichparaffine vom Schmelzpunkt 15—30° in sehr erheblicher Menge in den thüringischen Braunkohlentheerölen vorkommen und ihre Gewinnung im größeren Maßstabe nur eine Frage der Zeit ist. Fertige Paraffine vom Schmelzpunkt 33 und deren Schuppen vom Schmelzpunkt 28—30° seien vor 20 Jahren ein bedeutender Handelsartikel gewesen, sie sind jedoch z. Z. vom Markt verschwunden, weil die jetzige Kohle nicht mehr einen an den weichsten Paraffinen reichen Theer liefere.

Ein weiteres Eingehen auf diese Fragen dürfte hier nicht angebracht erscheinen, da Eisenlohr selbst die wirthschaftliche Bedeutung der Weichparaffine, insbesondere ihre Beziehung zum Vergasungswerthe der Oele in einer demnächst erscheinenden Abhandlung darzulegen beabsichtigt. Vor der Hand wird man wie bisher etwa 30° als untere Schmelzpunktsgrenze für technische Paraffine festhalten können. Diese Grenze entspricht auch den Angaben, welche der Versuchsanstalt von Paraffin- und Kerzenfabriken über die niedrigste Schmelzgrenze der von ihnen hergestellten Abfallparaffine neuerdings gemacht worden sind. Als Weichparaffine wird man die bis 48, höchstens bis 50° schmelzenden, als Hartparaffine die über 50° schmelzenden Paraffine bezeichnen. Die unter 50° schmelzenden Paraffine zählen bereits zu den schlechteren Kerzenmaterialien; natürlich wird auch bei den höher schmelzenden — ceteris paribus — die Qualität nach der Höhe des Schmelzpunktes bewerthet.

---

[1]) Festschrift zum vierten deutschen Bergmannstag in Halle a. S. 1889, S. 20. (Die Schrift ist vergriffen.) Die fragliche Textstelle lautet:

„Die reinen Braunkohlenparaffine sind nach den Untersuchungen Krafft's (Ber. 1888. 21) zum großen Theil Normalparaffin der Methanreihe. Nach Untersuchungen des Verfassers vorliegender Schrift sind auch anderweitige feste Körper und zwar ungesättigte Kohlenwasserstoffe in ihnen enthalten.

Reinstes Weichparaffin von ca. 37° Schmelzpunkt giebt, geschmolzen mit Schwefelsäure geschüttelt, an solche 6 % ab und lassen sich aus der schwefelsauren Lösung durch Zusatz von Wasser die festen ungesättigten Kohlenwasserstoffe leicht isoliren. Ebenso addiren die Braunkohlenparaffine Jod, 100 g Paraffin von 55° Schmelzpunkt addiren 4,10 g Jod, Paraffin von 50° Schmelzpunkt addirt 5,85 g, Paraffin von 37° Schmelzpunkt 8,95 g Jod (nach von Hübls Meth.)."

Ferner Dinglers polyt. Journ. 253, 282 und Scheithauer, Die Fabrikation der Mineralöle 1895, S. 218.

[2]) Auch die Angabe Scheithauers, daß Paraffin sich erst bei 350—400° verflüchtigt, bedarf unter Berücksichtigung der oben mitgetheilten Versuche und der Untersuchungen Eisenlohrs entsprechender Korrektur.

Tabelle 9. **Paraffinbestimmungen nach der Alkoholmethode von Aisinman in Mischungen von hellem Paraffinöl und Paraffin (Smp. 50—51 C°).**

(Fällung des Paraffins bei Lfd. Nr. 1 und 2 bei — 15 C°, der Lfd. Nr. 3 und 4 bei — 19 C°.)

Lfd. Nr.	Menge der angewandten Substanz g	Prozent hinzugesetztes Paraffin	Gefundener Prozentgehalt an Paraffin[1])	Zum Lösen bei Zimmerwärme benutzte ccm Alkohol	Zum Waschen des ausgefällten Paraffins benutzte ccm Alkohol	Schmelzpunkt des abgeschiedenen Paraffins	Bemerkungen
1	—	0	—	35 für 1 g Oel	—	—	Von einer Durchführung dieser Bestimmung wurde wegen der für 10 g Substanz anzuwendenden großen Mengen Alkohol Abstand genommen.
2	2,2573	3	2,86 *)	240	30	40—50 C°	Zur Auflösung der angewandten Substanzmenge in 240 resp. 200 ccm Alkohol war ein vorheriges Erwärmen auf etwa 45 C° erforderlich.
	2,5812		7,19 **)	200	30	—	*) Das abgeschiedene Paraffin sah zum Theil ölig aus. **) Das abgeschiedene Paraffin sah stark ölhaltig aus.
3	0,4004	80	80,37	70	—	—	Zur Lösung der angewandten Substanzmenge in 70 ccm Alkohol war ein Erwärmen auf die Siedetemperatur des Alkohols erforderlich.
4	0,2517	80	77,91 *)	30	15	48,5—51,5	Zur vollständigen Lösung wurde bis zur Siedetemperatur des Alkohols erhitzt. *) Gefundener Prozentgehalt an Paraffin: bei der ersten Fällung . . . 77,20 bei der Fällung aus dem Filtrat 0,71 77,91.

e. Die Brauchbarkeit der Aisinmanschen Alkoholmethode zur Paraffinbestimmung in Erdöldestillaten.

Wie oben erwähnt, war in einer früheren Veröffentlichung gezeigt worden, daß man in den handelsüblichen Mineralschmierölen das Paraffin nicht nach dem Vorschlage Aisinmans bestimmen könne, weil diese Oele, sowohl die leichteren als die schwereren, sich zu schwer in Alkohol lösen und das Paraffin aus der schließlich hergestellten Lösung beim Abkühlen nicht ölfrei ausfällt. Da Aisinman später — allerdings ohne Beibringung direkten Versuchsmaterials — den Schwerpunkt darauf legte, daß das Verfahren wenigstens für leichte Mineralschmieröle brauchbar sei, so haben wir in Ergänzung der früheren Untersuchungen versucht, in künstlichen Mischungen eines der leichtesten Mineralschmieröle, des sog. Paraffinöls (Flüssigkeitsgrad Engler bei 20° = 5,7, spezifisches Gewicht bei 20° = 0,866) mit Paraffin, letzteres mittelst der Alkoholmethode zu bestimmen.

Hierbei zeigten sich, wie aus Tab. 9 hervorgeht, dieselben Mängel, welche bereits bei den früheren Versuchen mit schweren Oelen zu Tage getreten waren und das Verfahren für Untersuchung der Mineralschmieröle untauglich erscheinen ließen. Erst bei solchen Mischungen, bei denen der Charakter des Paraffins vorherrscht und die Menge des Oels zurücktritt, sog. Paraffinmassen, scheint das Verfahren, wie Nr. 3 und 4 Tab. 9 zeigen, brauchbarere Zahlen zu geben. Freilich würde seine Benutzung auch hier gegenüber dem wesentlich leichter zu handhabenden und hinreichend genauen Alkohol-Aetherverfahren nicht vortheilhafter sein.

[1]) Bei den Proben 1—3 fand nur eine einmalige Fällung statt.

Neuerdings empfiehlt Aisinman, das Alkoholverfahren nicht mehr für Untersuchung hochsiedender Mineralöle (Schmieröle), sondern für die Prüfung leichterer petroleumartiger Oele[1]). Dieser Vorschlag scheint jedenfalls bei der leichten Löslichkeit dieser Destillate in Alkohol eher erfolgversprechend zu sein als der anfänglich eingeschlagene Weg, jedoch wäre es erforderlich, daß auch die neuerdings in den Vordergrund gestellte Brauchbarkeit des Verfahrens in umfassenderer Weise, als dies bisher geschehen, unter Heranziehung eines größeren Materials verschieden hoch schmelzender Paraffine belegt würde.

Den Herren Dr. Krey, Dr. Eisenlohr und Dr. Nathanson sei an dieser Stelle für freundliche Ueberlassung von Versuchsmaterial und für die in vieler Hinsicht werthvollen Mittheilungen ihrer praktischen Erfahrungen in Bezug auf die vorstehend berührten Fragen verbindlichster Dank ausgesprochen.

---

4. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.

1. Verwendbarkeit verwitterter Gesteine zu Bauzwecken.

In der Nähe von Sülzhayn bei Ellrich am Südharz wurde im Sommer 1896 beabsichtigt, eine Heilanstalt für die Norddeutsche Knappschafts-Pensionskasse zu errichten.

In weiterer Umgebung war ein brauchbarer Quarzsand für die Mörtelbereitung nicht aufzutreiben, dagegen befindet sich in der Nähe des Bauplatzes eine Ablagerung von halbverwittertem Porphyroid-Gestein, dessen einzelne Körner dem Sand und Kies ähnliche Formen zeigen und den Regierungsbaumeister Hasse in Halle a/S. auf den Gedanken brachten, zu untersuchen, ob und in welchem Umfange die zerfallene Gesteinsmasse als Sandzusatz für Cement, Cementkalk und gewöhnlichen Kalk, namentlich für das Grundmauerwerk des geplanten Baues Verwendung finden könne.

Die von der Versuchsanstalt vorgeschlagenen orientirenden und vergleichenden Versuche fanden leider nicht die Zustimmung der bauenden Behörde, da die erforderliche Zeit nicht mehr verfügbar war. Die Versuche, deren Veröffentlichung Herr Hasse bereitwillig gestattet hat, mußten deshalb erheblich eingeschränkt werden, sind aber später von der Versuchsanstalt noch in einigen Punkten erweitert worden, so daß sie immerhin für die Beurtheilung der Verwendbarkeit des Gesteines für bestimmte Zwecke ausreichen. Da noch nicht feststand, welcher Cement zu dem Bau verwendet werden sollte, wurde vereinbart, daß ein beliebiger guter Portland-Cement für die vergleichenden Prüfungen benutzt werden sollte. Der von der Ablagerungsstelle entnommene Porphyroidsand ist so thonhaltig, daß dem Bauleitenden die Verwendung des ungewaschenen Sandes zu Mörtel von vornherein ausgeschlossen erschien, deshalb wurde die für die Proben erforderliche Menge Sand in gewaschenem Zustande eingesendet.

---

[1]) Einheitliche Methoden in der Mineralölindustrie, Verlag von Ferd. Enke.

Ueber das Vorkommen des Porphyroidsandes theilte Herr Hasse der Versuchsanstalt folgendes mit:

„Am Ausgange eines der in den Südrand des Harzes einschneidenden kurzen Thäler liegt das Dorf Sülzhayn bei Ellrich; etwa 3 km oberhalb des Ortes am südlichen Abhange des Steierberges ist der Bauplatz der in Frage kommenden Heilanstalt. Hier liegt am Bergesabhang der Sand, und unmittelbar darunter das losere, sowie unter diesem das festere Porphyroidgestein, aus dem der Sand entstanden ist. Der Sand ist somit als ein durch Verwitterung porphyrischer Felsbildung, und zwar durch Kaolinisiren des Feldspaths entstandenes Zertrümmerungsprodukt eines Quarzporphyrs deutlich erkennbar."

Seine Prüfung in der Versuchsanstalt erwies in einer kryptokrystallinen Grundmasse größere Mineralindividuen von Feldspath, Quarz, Glimmer eingesprengt. Die Feldspath-Theilchen sowohl wie die Grundmasse sind stark in Verwitterung übergegangen.

Die Ermittelung der Litergewichte und Körnung des Sandes ergab folgendes:

Litergewicht des gewaschenen Porphyroidsandes eingelaufen 1,380

" " " " eingerüttelt 1,725

Hohlräume (durch Ausfüllen mit Wasser gemessen) 33 %.

Siebrückstände auf den Sieben

Maschen auf 1 qcm		1	4	9	20	60	120
Gesammt-Rückstand in Prozenten	0,0	0,9	8,4	47,3	78,3	94,3	100
Rückstand zwischen je 2 Sieben in Prozenten	0,9	7,5	38,9	31,0	16,0	5,7	

Der Sand besteht somit vorwiegend aus groben Körnern (zwischen den Sieben von 4 und von 20 Maschen auf 1 qcm), weist aber auch noch gröbere und etwa $^1/_4$ feinere Körner auf.

Für die Beurtheilung der Verwendbarkeit des Sandes zu Mörtelzwecken kam in erster Linie seine Binde- und Erhärtungsfähigkeit mit Cement in Frage.

Zu den Festigkeitsversuchen wurde ein langsam bindender guter Portland-Cement von folgenden Eigenschaften verwendet:

Cementprüfung

Gewicht eines Liters				Der Abbindeversuch ergab im Mittel:						
eingelaufen R_f	eingerüttelt R_r	Spez. Gewicht s	Glühverlust %	Wärmeerhöhung C°	Abbindezeit Std.	Erhärtungsanfang Std.	bei	Wärme der Luft C°	Wärme des Wassers C°	Feuchtigkeit der Luft %
1,265	1,912	—	—	2,5	7¼	2	—	18,9	18,8	70

Siebrückstände

Siebe mit Maschen für 1 qcm	180	324	600	900	5000	
Gesammt-Rückstand auf den Sieben; Prozent	—	0,0	0,2	0,6	14,0	
Rückstand zwischen je 2 Sieben; Prozent	0,0	0,2	0,4	13,4	86,0	

Die Raumbeständigkeitsprobe nach den Normen, die Darr-, Glüh- und Kochprobe wurden bestanden.

Aus diesem Cement wurden in der Mischung 1 : 3 in Gewichtstheilen

1. mit Normalsand je 10 Zug- und Druckproben mit 9,5 % Wasser
2. mit Porphyroidsand je 20 Zug- und Druckproben mit 9,0 % „

hergestellt und zwar wurden die Proben unter 1. normenmäßig mit dem Hammer, die Proben unter 2. wegen ihrer grobkörnigen Beschaffenheit von Hand in entsprechender Weise eingeschlagen. Die Proben erhärteten den ersten Tag an der Luft, dann drei Tage unter Wasser und schließlich im feuchten Raume an der Luft. Nach 7 bezw. 28 Tagen wurden sie geprüft und lieferten die nachstehend verzeichneten Ergebnisse.

Sand	Zugfestigkeit kg/qcm		Druckfestigkeit kg/qcm		Raumgewicht der Proben nach dem Einschlagen	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	Zug	Druck
Normal . .	—	29,9	—	189,8	2,197	2,220
Porphyroid .	25,8	30,6	236,8	309,9	2,282	2,335

Die Bruchfläche der Probekörper mit Porphyroidsand war rauh und es hatte nicht den Anschein, als wenn der Bruch vorzugsweise durch das Innere der Sandkörner ginge.

Trotz dieser ausgezeichneten Festigkeitsergebnisse und trotz des Umstandes, daß der Sand an der Fundstelle umsonst zu haben war, — da die Bauherrin das Recht besaß, beliebig Baumaterial zu entnehmen und der Sand unverkäuflich ist, denn in der ganzen Gegend wird nur mit Gips und Steinkohlenschlacke gemauert — konnte sich der Bauleitende nicht zur Verwendung des Porphyroidsandes entschließen, sondern zog vor, Quarzsand zu wählen, der allerdings durch den erforderlichen weiten Transport sehr theuer wurde. Porphyroidsand sollte nur an Stellen verwendet werden, wo ein etwaiges Versagen keine Folgen haben kann.

Veranlassung zu diesem Mißtrauen gab dem Bauleitenden der Umstand, daß der Sand sich beim Chausseebau als unverwendbar gezeigt hatte. Er wurde vor der Walze so schlammig, daß die Walze stets rutschte. Dazu kam, daß das sorgfältige Waschen des Sandes theuer zu stehen kam, und die Beobachtung, daß beim Erwärmen die einzelnen Krystalle Neigung zeigten, zu zerfallen. Es wurde geschlossen, daß dies vielleicht auch beim Frieren und Wiederaufthauen geschehen könne, und daß eine derartige Zerstörung der einzelnen Sandkörnchen für den Mörtel und das Bauwerk verderbenbringend werden könne.

Die Versuchsanstalt nahm hieraus Veranlassung, den Sand auf sein Verhalten im Frost und auf den Einfluß seiner thonigen Bestandtheile im ungewaschenen Zustande weiter zu prüfen. Eine größere Menge des von Herrn Hasse zur Verfügung gestellten ungewaschenen Porphyroidsandes wurde sorgfältig mit Wasser abgeschlämmt und getrocknet. Von dem trockenen Sande — der zu den vorstehenden Siebversuchen benutzt wurde — ist die eine Hälfte 8 Tage lang in reines Wasser gelegt und daraufhin gleichzeitig mit der trockenen Hälfte 25 mal wiederholter Frostwirkung mit jedesmal darauffolgendem Wiederaufthauen ausgesetzt worden. Die Kälte im Gefrierschrank schwankte bei diesen Versuchen zwischen — 17 C° und — 24 C°. Nach 25 maligem Gefrieren und Wiederaufthauen wurden beide Sandmengen wieder getrocknet und ihre Korngrößen aufs Neue festgestellt, um zu ermitteln, ob etwa eine Zerkleinerung der Körner durch die Frostwirkung stattgefunden hatte.

Dabei wurden folgende Ergebnisse gefunden.

Rückstände zwischen den Sieben	Porphyroidsand %		
	gewaschen und getrocknet	trocken dem Frost ausgesetzt	naß dem Frost ausgesetzt
0 und 1 Maschen	0,9	1,0	1,2
1 „ 4 „	7,5	8,8	9,0
4 „ 9 „	38,9	41,4	39,6
9 „ 20 „	31,0	27,0	29,2
20 „ 60 „	16,0	16,2	16,8
60 „ 120 „	5,7	5,6	4,2

Wenn eine Schädigung des Sandes durch den Frost stattgefunden hätte, so müßte sich dies in einer erheblichen Vermehrung der feinen Körner gegenüber den groben kenntlich machen. Eine solche Spaltung der Körner hat aber keineswegs stattgefunden. Die geringen Schwankungen zwischen den einzelnen Versuchsergebnissen sind lediglich auf Versuchsfehler zurückzuführen.

Nachdem somit festgestellt war, daß Frost dem Sande nicht wesentlich schaden könne, interessirte noch die Festigkeit eines Mörtels aus ungewaschenem Porphyroidsand und Cement. Der ungewaschene Sand ergab das Litergewicht eingelaufen $R_f = 1{,}355$, eingerüttelt $R_r = 1{,}740$. Die Hohlräume (durch Ausfüllen mit Wasser gemessen) machten 24 % aus. Der ungewaschene Sand stellte also eine wesentlich dichtere Masse dar, als der gewaschene Sand.

Mit dem vorerwähnten Cement in der Mischung 1 : 3 normenmäßig mit 9,5 % Wasser eingeschlagen ergab der rohe Porphyroidsand nach 28 Tagen

Zugfestigkeit 24,8 kg/qcm (Raumgewicht der Proben 2,310)
Druckfestigkeit 236,6 kg/qcm („ „ „ 2,383)

Der rohe Sand erreicht somit nicht ganz die Festigkeit des gewaschenen, zeigt aber immer noch eine beträchtliche Festigkeit und ein außerordentlich hohes Raumgewicht der Probekörper. Diese Möglichkeit der dichten Lagerung der einzelnen Theilchen beim Zusammendrücken ist vermuthlich die Ursache gewesen, weshalb der Sand vor der Chausseewalze Schlammbildung gezeigt hat.

Für Mörtelzwecke erscheint der Porphyroidsand durchaus geeignet.

Von einer anderen Seite wurde ein verwitterter Granit vom Thüringer Wald eingesandt, der als Straßenbaumaterial verwendet und daraufhin geprüft werden sollte.

Durch stark vorgeschrittene Verwitterung, bestehend in einer theilweisen Kaolinisirung des Feldspathes, hatte das noch zusammenhängende Gestein ein erdiges, zellig-poröses Aussehen angenommen, ließ sich aber auf der Diamantsäge noch gut bearbeiten. Es erwies sich als ein krystallinisch-körniges, ins Porphyrische übergehendes Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer, von fleischfarbigem bis hellgrauem Aussehen und unregelmäßigem Bruch.

Die Untersuchung erfolgte auf spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Dichtigkeitsgrad, Abnutzung, Druckfestigkeit trockener Würfel und Frostbeständigkeit. Weitere Versuche wurden des Kostenpunktes wegen nicht gewünscht. Die Prüfung ergab:

Spezifisches Gewicht $s = 2{,}617$; Raumgewicht $r = 2{,}262$; Dichtigkeitsgrad $d = \frac{r}{s} = 0{,}864$.

Abnutzung I. 6,6, II. 6,8, im Mittel 6,7 ccm.

Druckfestigkeit, ermittelt an 10 trockenen Würfeln von 4 cm Seite und 0,148 kg mittlerem Gewicht 803 kg/qcm.

Die Frostversuche wurden in der üblichen Weise durch 25 maliges abwechselndes Gefrieren bei — 14 C° bis — 21 C° und Wiederaufthauen mit zehn unregelmäßigen Bruchstücken im Gewichte von etwa 200 g ausgeführt. Nach dieser Beanspruchung waren die Versuchsstücke bis auf die Lostrennung einer geringen Spur der das Gestein zusammensetzenden sandbildenden Mineralien und einzelner kleiner Gesteinsstückchen unversehrt geblieben.

---

2. Prüfung von Trottoirplatten auf Haftvermögen.

Der Betriebsdirektor der J. Fitzschen Kaolin-Werke und Chamottewaaren-Fabriken in Oberbris (Böhmen) Herr Wenzl Wlcek hat in Oesterreich-Ungarn ein Patent auf ein besonderes Verfahren der Formung der Unterseite von Thonplatten erworben, welches auch in Deutschland bereits im September 1897 vom Patentamte ausgelegt und somit gesetzlich geschützt ist.

Nach diesem Verfahren erfolgt, wie die Betriebsdirektion angiebt, die Trockenpressung der Platten mit besonderen, aus Gummi bestehenden Matrizen, die es ermöglichen, die Unterseite der Platten mit unterschnittenen und rauhen Rippen zu versehen, was bei Verwendung von Metallmatrizen nicht möglich ist.

Die Betriebsdirektion beabsichtigte nun, durch Versuche nachzuweisen, daß die nach ihrem Verfahren hergestellten Platten in einer Cementmörtelunterlage besser haften, als andere Platten mit glatten und nicht unterschnittenen Rippen. Gleichzeitig sollte der Kraftaufwand festgestellt werden, der zum Abreißen der Platten erforderlich ist.

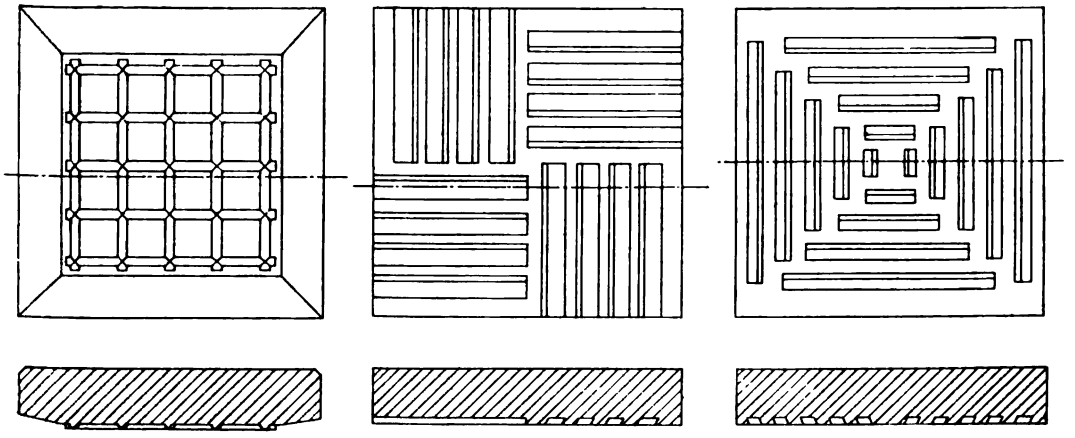


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Für die Versuche wurden drei Plattenarten eigener Fabrikation eingesandt, anscheinend aus demselben Material gebrannt, die in Figur 1 bis 3 schematisch dargestellt sind. Fig. 1 bezeichnet die Platten mit glatten Rippen auf der Unterseite, Fig. 2 und 3 sind die nach dem Verfahren der Fitzschen Kaolin-Werke erzeugten Platten.

Die Veröffentlichung der Versuchsergebnisse hat die Antragstellerin bereitwillig gestattet.

Um zu ermitteln, wie fest die Platten an ihrer Mörtelunterlage haften, war festzustellen:

1. Der Widerstand, welchen die Platten dem seitlichen Verschieben parallel zu ihrer Ebene entgegen setzen; (Abscheerversuche);
2. Der Widerstand, welchen die Platten dem Losreißen von der Unterlage senkrecht zu ihrer Ebene entgegensetzen; (Abreißversuche).

Je zwei gleichartige Platten wurden mit ihren Unterseiten durch einen Mörtel aus 1 Gewthl. Portland-Cement + 2 Gewthl. feinen Mauersand, mit 16,7 % Wasser mörtelgerecht angemacht, verbunden und zwar für die Versuche unter 1) nach Maßgabe der Skizzen Fig. 4 und für die Versuche unter 2) nach Maßgabe der Skizzen Fig. 5.

Nach Fig. 4 betrug die Haftfläche . . . . 252,5 qcm
" " 5 " " " . . . . 230,0 qcm.

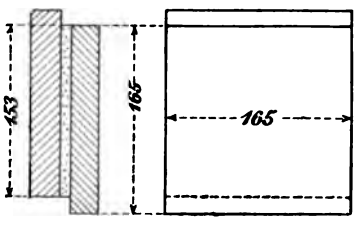


Fig. 4.

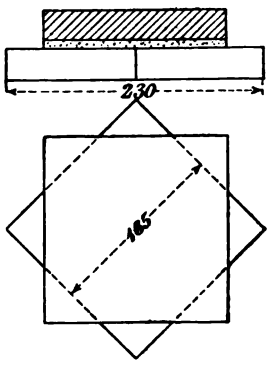


Fig. 5.

Beim Vermauern der Platten wurde zunächst die Unterfläche zweier Platten satt mit Mörtel bestrichen; hierauf wurden die so vorbereiteten Flächen aufeinander gedrückt, so daß eine etwa 0,7 cm dicke Fuge entstand. Die Versuchsstücke lagerten die ersten 24 Stunden in einem feuchten Raume, dann drei Tage unter Wasser und die übrige Zeit an der Luft. Sie wurden nach 28 Tagen geprüft. Die Versuche zu 1. (auf Abscheerung) wurden in der Weise ausgeführt, daß die Probestücke in vertikaler Stellung (Fig. 4) zwischen die Druckplatten einer hydraulischen Presse gebracht und die Platten gegeneinander verschoben wurden. Für die Versuche zu 2. (Abreißversuche) wurden die Probestücke nach Maßgabe der Skizze Fig. 6 in die Presse eingebracht. Zur Unterstützung der Platten dienten hierbei Stäbchen aus hartem Holze mit abgerundeten Köpfen. Bei allen Versuchen war die eine Druckplatte im Kugellager beweglich. Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen sind in nachstehenden Tabellen (Seite 120) zusammengefaßt. Das Aussehen der Haftflächen nach der Prüfung ist aus den photographischen Abbildungen ersichtlich.

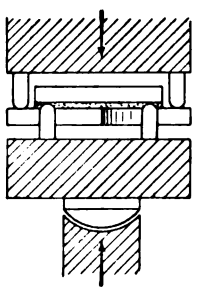
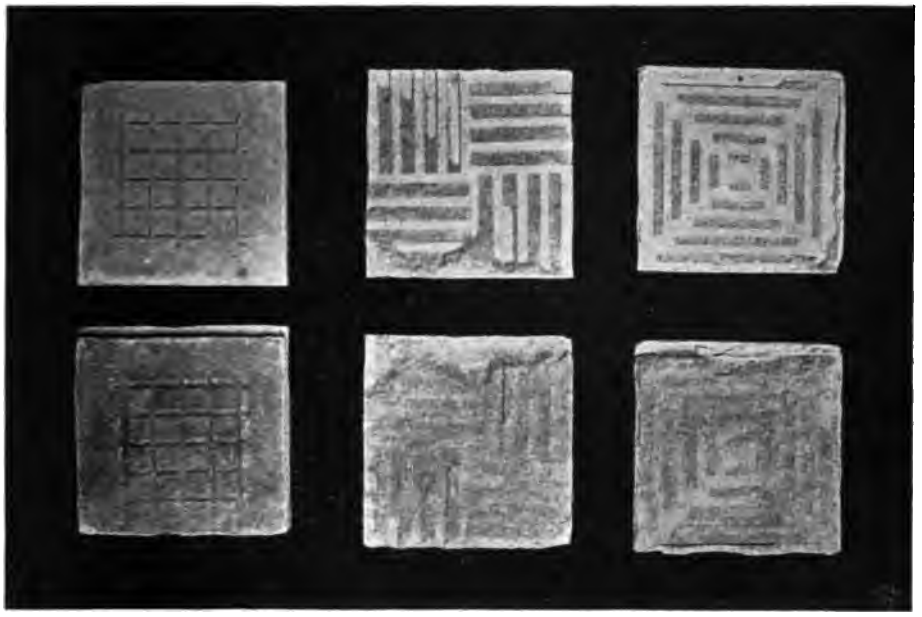
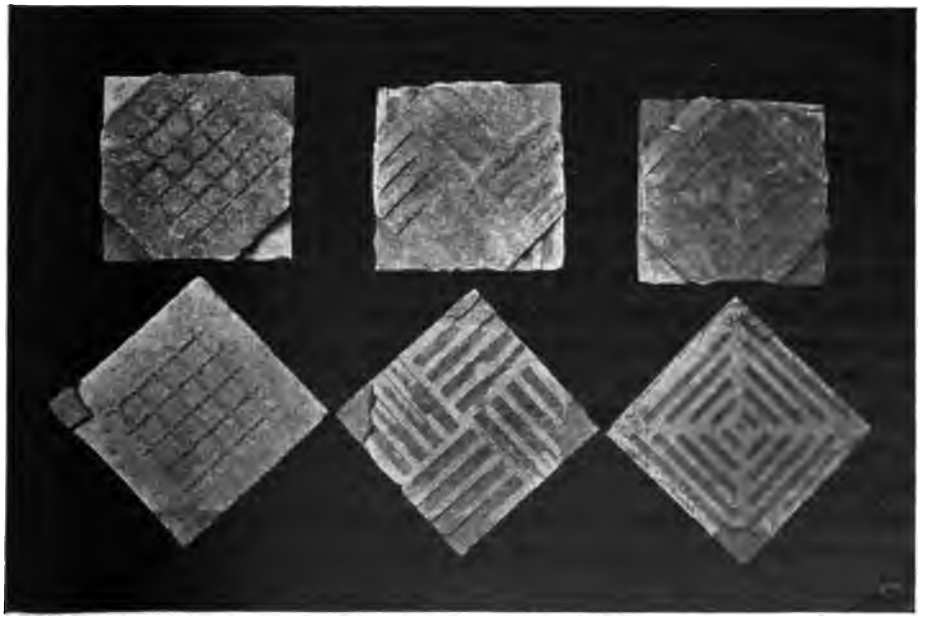


Fig. 6.



Abscheerversuche.



Abreißversuche.

Abscheerversuche.

Die Mörtelfläche betrug 252,5 qcm.

Versuch Nr.	Platte I (Fig. 1)		Platte II (Fig. 2)		Platte III (Fig. 3)	
	Belastung kg	Bemerkungen	Belastung kg	Bemerkungen	Belastung kg	Bemerkungen
1	1050		2750		4090	
2	750		3500		3500	
3	1000	Der Mörtel blieb durch die ganze Fuge an einer Platte haften; die andere Platte schob sich glatt weg.	3300	Der Mörtel haftete zum größten Theil an einer Platte, während bei der anderen Platte die meisten Vertiefungen mit Mörtel angefüllt waren.	3000	Der Mörtel haftete zum größten Theil an einer Platte und in allen Vertiefungen der anderen Platte.
4	740		3860		3200	
5	500		3830		2550	
6	1050		3650		2500	
7	250 *)		5200		2560	
8	620		3850		3140	
9	600		3840		3560	
10	630		4350		2630	
Mittel	719	$\tau_{B'}$ in kg/qcm 2,8	3813	$\tau_{B'}$ in kg/qcm 15,1	3073	$\tau_{B'}$ in kg/qcm 12,2

Bemerkungen: *) Der Mörtel zeigte an der Haftfläche viele Luftblasen.

Abreißversuche.

Die Mörtelfläche betrug 230,0 qcm.

Versuch Nr.	Platte I (Fig. 1)		Platte II (Fig. 2)		Platte III (Fig. 3)	
	Belastung kg	Bemerkungen	Belastung kg	Bemerkungen	Belastung kg	Bemerkungen
1	90		476		286	
2	147		545		407	
3	163	Der Mörtel blieb durch die ganze Fuge an einer Platte haften; die andere Platte hob sich glatt ab.	607	Der Mörtel haftete zum größten Theil an einer der beiden Platten, bei der anderen Platte nur in deren Vertiefungen.	427	Der Mörtel haftete zum größten Theil an einer der beiden Platten, bei der anderen Platte nur in deren Vertiefungen.
4	180		567		356	
5	155		622		400	
6	94		654		390	
7	103		551		605	
8	102		564		460	
9	112		606		279	
10	126		507		367	
Mittel	127	σ_B in kg/qcm 0,6	570	σ_B in kg/qcm 2,5	398	σ_B in kg/qcm 1,7

Die Ergebnisse der Versuche zeigen deutlich die Ueberlegenheit der nach dem patentirten Verfahren hergestellten Platten II und III vor den Platten mit glatt gerippten Unterseiten I. Die Versuche haben aber gleichzeitig bewiesen, daß die Rippenanordnung der Platten II (Fig. 2) der Stellung der unterschnittenen Rippen bei den Platten III (Fig. 3) vorzuziehen ist, wenn es sich darum handelt, besonders große Haftfestigkeit der Platten am Mörtel zu erzielen. Namentlich für Wandplatten kann diese Beobachtung mit Nutzen Verwendung finden.

Bemerkenswerth ist in den Ergebnissen ferner noch die Ungleichmäßigkeit der Haftfestigkeit bei den Platten I (Fig. 1), die sich in der außerordentlichen Verschiedenheit der Ergebnisse der Einzelversuche sowohl beim Abreißen als auch beim Abscheeren ausdrückt und die, wie auch aus den Lichtbildern ersichtlich ist, ihren Grund darin hat, daß der Mörtel an der glatten Platte nicht überall gleichmäßig fest haftet.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. 1898. Drittes Heft.

1. Bekanntmachung.

Mehrere Anfragen geben Veranlassung, wiederholt darauf aufmerksam zu machen, daß in Papier oder in Papierstoffen Hanf und Leinen von einander nicht unterschieden werden können. Daher wird in den Prüfungszeugnissen der Versuchsanstalt die Frage offen gelassen, ob es sich um Leinen oder Hanf, oder um ein Gemenge beider handelt; es wird kurz der Ausdruck Leinen gebraucht.

A. Martens.

---

2. Normal-Sande.

Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary.

Seitdem der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten in Preußen in Folge eines Antrages des Vorstandes des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten durch Erlaß vom 12. November 1878 besondere Bestimmungen, sogenannte „Normen" für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement seinen nachgeordneten Behörden bekannt gegeben hat, und diese im Jahre 1887 verbesserten Bestimmungen zunächst in Preußen für die im Auftrage von Behörden ausgeführten Cementprüfungen maßgebend geworden, später auch in dem weiteren Gebiete des deutschen Reiches und über dasselbe hinaus als Werthmesser für den Vergleich von Portland-Cementen vielfach anerkannt worden sind, ist die Entwickelung des Cementprüfungswesens stetig fortgeschritten.

Dem Beispiele Deutschlands folgten bald im Auslande Behörden und Vereine, und überall wurden zumeist unter Zugrundelegung der in Deutschland gemachten Erfahrungen Bestimmungen für die einheitliche Prüfung von Portland-Cementen erlassen.

In den meisten Kulturländern, welche heute solche Normalien besitzen, ist ein bestimmter Sand für Anstellung der Festigkeitsversuche gekennzeichnet, den man kurz als „Normalsand" bezeichnet, und der, in bestimmtem Gewichtsverhältniß dem Cement beigemischt, die einheitliche Grundlage für den Vergleich der Festigkeit verschiedener Cemente an ein- und derselben Stelle liefern soll. Die Konferenzen für die Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren von Bau

und Konstruktionsmaterialien[1]) (München, Dresden, Berlin und Wien) beschlossen als Normalsand im engeren Sinne, auf den alle Vergleiche sich beziehen sollen, den Sand von Freienwalde, der durch Drahtsiebe von 60 und 120 Maschen erzeugt ist, einzuführen. Den anderen Ländern, außer Preußen, sollte es überlassen bleiben, sich ihren Normalsand zu beschaffen, und zwar womöglich der Art, daß er mit jenem Normalsand von Freienwalde von gleicher Wirkung in Bezug auf die erzielten Festigkeitsergebnisse sein sollte. Wenn dies nicht zu ermöglichen sei, so sollten zweckmäßige Vergleichszahlen zu ermitteln gesucht werden. Aehnliche Normalsande wie in Preußen sind seitdem in verschiedenen Ländern eingeführt worden. Sie zeigen erhebliche Abweichungen unter einander, geben außerordentlich verschiedene Festigkeitswerthe in der Mischung mit demselben Cement und veranlassen dadurch im Handelsverkehr benachbarter Länder gewisse Schwierigkeiten, weil derselbe Cement gelegentlich diesseits der Grenze anders beurtheilt wird, als jenseits.

Deshalb scheint es angebracht, nach den oben erwähnten Vergleichszahlen zu suchen, um so mehr, als das Streben des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik nach Schaffung eines einheitlichen, internationalen Normalsandes vorläufig noch ohne Erfolg geblieben ist.

Bei Einleitung der nachstehend verzeichneten vergleichenden Versuche hoffte ich, es würde vielleicht gelingen, wie s. Z. bereits von der Berliner Konferenz vorgeschlagen wurde, auf dem Wege der Umrechnung wenigstens annähernd zu ermitteln, welche Festigkeit ein mit einem Normalsande geprüfter Cement voraussichtlich aufweisen wird, wenn er unter den im übrigen gleich bleibenden Bedingungen mit einem anderen Normalsande geprüft werden würde.

Vor einigen Jahren hat Dr. Böhme ähnliche Versuche unternommen, um die Beziehungen zwischen dem deutschen und dem damals neu eingeführten russischen Normalsande zu ermitteln[2]), indem er zwölf Cemente in bestimmtem Mischungsverhältniß mit den Sanden auf Festigkeit prüfte.

Professor Belelubsky in St. Petersburg lieferte damals die beiden russischen Normalsande und zwar

1. einen groben Sand, welcher durch Absiebung auf Sieben von 60, 120 und 240 Maschen auf 1 qcm erhalten wird, indem man die Rückstände auf 60 Maschen ausschließt und die Rückstände auf 120 und 240 Maschen zu gleichen Theilen mischt;
2. einen feinen Sand, der durch Absiebung auf Sieben von 240, 400 und 900 Maschen auf 1 qcm hergestellt wird, indem man den Rückstand auf 240 Maschen ausschließt und die Rückstände auf 400 und 900 Maschen zu gleichen Theilen mischt.

Im eingerüttelten Zustande wog:

1 l des groben russischen Normalsandes	1,555 kg
1 l „ feinen „ „	1,598 „
1 l „ damaligen preußischen Normalsandes . .	1,562 „

Die Verwendung des feinen Normalsandes wurde damit erklärt, daß es in Rußland Baustellen giebt, wo nur ganz feiner Sand zu haben ist, z. B. Wolgabrücke, Orenburger Bahn, Dniepr-Brücke, Kriowirog-Bahn, Libauer Bahn u. s. w.

---

[1]) München 1893. Theodor Ackermann.

[2]) Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten vom 16. bis 18. Februar 1882 und Mittheilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten 1883, S. 35.

Durch ſeine Verſuche ſtellte Dr. Böhme im Mittel aus den zwölf geprüften Cementen folgende Beziehungen feſt, die auch die von ihm gefundenen mittleren Fehler enthalten.

$$Z_7 \begin{cases} R_f = (0{,}514 \pm 0{,}067)\ P \\ R_g = (0{,}607 \pm 0{,}044)\ P \\ R_f = (0{,}835 \pm 0{,}069)\ R_g \end{cases} \qquad Z_{28} \begin{cases} R_f = (0{,}566 \pm 0{,}036)\ P \\ R_g = (0{,}639 \pm 0{,}043)\ P \\ R_f = (0{,}866 \pm 0{,}052)\ R_g \end{cases}$$

Hierin bedeutet:

Z_7 und Z_{28} die Zugfeſtigkeit der Miſchung aus 1 Gewichtstheil Cement und 3 Gewichtstheilen Normalſand nach 7 bezw. 28 Tagen Erhärtung unter Waſſer;

R_f den feinen, R_g den groben ruſſiſchen Normalſand, P den preußiſchen Normalſand.

Wenn auch die von Böhme gefundenen Verhältnißzahlen nicht für jeden langſam bindenden Cement zutreffen, ſo war doch mit ihrer Hilfe wenigſtens annähernd aus der für deutſche Cemente ermittelten Zugfeſtigkeit die vorausſichtlich zu erwartende Zugfeſtigkeit der Miſchung 1 : 3 mit ruſſiſchem Normalſande zu berechnen.

Aus Böhmes Verſuchen iſt bereits erſichtlich, daß ſich nicht alle Cemente verſchiedenen Sanden gegenüber gleichmäßig verhalten, was auch wegen der phyſikaliſch verſchiedenen Beſchaffenheit der einzelnen Cemente kaum erwartet werden konnte.

Um zuverläſſige mittlere Verhältnißzahlen für die Umrechnung zu finden, ſind deshalb ſehr große Verſuchsreihen (thunlichſt an verſchiedenen Prüfungsſtellen gewonnen) mit verſchiedenen Cementen verſchiedener Mahlung nothwendig. Es war unmöglich, ſie mit einer großen Zahl verſchiedener Sande gleichzeitig auszuführen.

Beſchaffung des Probematerials.

Bei der Auswahl des Probematerials war der Gedanke leitend, nach Möglichkeit alle Sande unter einander in Vergleich zu ſtellen, welche entweder in einzelnen Ländern als Normalſande allgemein anerkannt ſind, oder doch von Fachmännern, die ſich mit der Cementprüfung beſchäftigen, vorwiegend zu vergleichenden Prüfungen benutzt werden. Bei dieſer Gelegenheit ſollte ferner mit dem preußiſchen Normalſande von Freienwalde ein Sand in Vergleich geſtellt werden, der in Süddeutſchland mehrfach aus Rheinſand in derſelben Weiſe, wie Normalſand, abgeſiebt und an Stelle des Freienwalder Normalſandes verwendet wird. Da dieſer „Normalſand aus Rheinſand“ theilweiſe auch von Behörden zu vergleichenden Cementprüfungen benutzt wurde und die mit dieſem Sande gewonnenen Ergebniſſe mehrfach in direkten Vergleich mit den an Freienwalder Normalſand ermittelten Ergebniſſen der Verſuchsanſtalt geſtellt wurden, ſo war es von Wichtigkeit, die abweichenden Eigenſchaften des Normalſandes vom Rhein gegenüber dem Normalſande von Freienwalde feſtzulegen. Der aus gewaſchenem Rheinſande mittelſt der vorgeſchriebenen Siebe von 60 und 120 Maſchen auf 1 qcm hergeſtellte Sand wurde durch das Portland-Cement-Werk Heidelberg bezogen. Wegen Beſchaffung der außerdeutſchen Normalſande hat ſich die Verſuchsanſtalt mit der Bitte um Einſendung von Proben an die hervorragendſten Fachleute von Oeſterreich, der Schweiz, Rußland, Norwegen, Dänemark, Frankreich, England und Amerika gewandt.

Aus Dänemark ſchrieb der Leiter des Statslaboratoriet for Cementundersögelser in Kopenhagen, P. Nielſen, daß die dortige Verſuchsanſtalt bis dahin Berliner Normalſand, bezogen durch das chemiſche Laboratorium für Thoninduſtrie in Berlin, benutzt habe, der auch von den übrigen däniſchen Fabriken mit einer Ausnahme verwendet wird. Nur die Portland-Cement-Fabrik Cimbria bei Hobro in Jütland bereite ſich ſelbſt Normalſand aus reinem Quarzſande von Bornholm. Von der Heranziehung dieſes Normalſandes zu den

Versuchen glaubte ich absehen zu können. Aus den übrigen genannten Ländern sind größere Proben eingesandt und zu den nachstehend beschriebenen Versuchen benutzt worden.

Ueber den Ursprung und die Herstellungsweise der Sande geben die folgenden Mittheilungen Aufschluß.

Die Normalsande.

1. Preußischer Normalsand von Freienwalde. Der Sand ist gewonnen aus einer tertiären Ablagerung von reinem Quarzsande der Braunkohlenformation, der in der Grube Hammerthal bei Freienwalde seitens der Firma Henneberg & Co. in Freienwalde abgebaut wird. Der an sich sehr reine Rohsand wird gewaschen, getrocknet und durch ein Sieb von 60 Maschen auf 1 qcm gesiebt. Hierdurch werden die gröbsten Theile ausgeschieden und aus dem neu erhaltenen Sande wird mittelst eines Siebes von 120 Maschen auf 1 qcm das Feinste entfernt. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38 bezw. 0,32 mm betragen, eine Vorschrift, die auch in die Beschlüsse der internationalen Conferenzen übergegangen ist[1]). Die Weite der als quadratisch anzusehenden Maschen beträgt mithin 0,87 bezw. 0,59 mm.

2. Rheinsand. Gebaggerter Sand vom Rhein ist in derselben Weise verarbeitet worden wie der preußische Normalsand von Freienwalde.

3. Oesterreichischer Normalsand. Oberbaudirektor Berger in Wien theilte über die Herkunft des Sandes mit, daß er einem natürlichen Vorkommen im sogenannten „Sandberge" in der Nähe von Lemberg entstammt und auf den in Oesterreich eingeführten Normalsieben von 64 bezw. 144 Maschen auf 1 qcm abgesiebt ist. Die Drahtstärke der Siebe beträgt 0,40 bezw. 0,30 mm, die Weite der Maschen mithin 0,85 bezw. 0,53 mm.

4. Schweizer Normalsand. Nach Mittheilung des Herrn Professors L. v. Tetmajer, Direktors der Materialprüfungsanstalt am schweizerischen Polytechnikum in Zürich wird der Sand von der Firma Robert Vigier & Co., Luterbach (Solothurn) künstlich durch Rechen von quarzigen Aaregeschieben erzeugt, muß aber vor der Verwendung nochmals gewaschen und gesiebt werden. Hierfür dienen ein Sieb mit 64 Maschen auf 1 qcm und 0,4 mm Drahtstärke und ein Sieb mit 144 Maschen auf 1 qcm und 0,3 mm Drahtstärke, das sind dieselben Siebe, wie sie in Oesterreich benutzt werden. Der schweizerische Normalsand ist kein reiner Quarzsand, sondern enthält wechselnde Mengen fremdartiger Stoffe, vorwiegend Kalksteinkörner. Der zu den Versuchen benutzte Sand ist von v. Tetmajer aus seinem Vorrathe zur Verfügung gestellt worden; bei Einsendung des Sandes theilte v. Tetmajer noch mit, er beabsichtige wegen der Schwierigkeit der Beschaffung dieses Sandes künftig reinen Quarzsand aus dem Auslande zu beziehen.

5. Russischer Normalsand. Der Leiter der Materialprüfungsanstalt in St. Petersburg, Professor N. Belelubsky, theilte bei Einsendung des Sandes mit, daß man in Rußland, um den Anforderungen der Praxis näher zu kommen, zur Herstellung des Normalsandes drei Siebe mit 64, 144 und 225 Maschen auf 1 qcm bei 0,4, 0,3 und 0,2 mm Drahtstärke gewählt habe[2]). Unter Anwendung dieser Siebe, deren Maschen also 0,85 bezw. 0,53 bezw. 0,47 mm weit sind, entstehen zwei Körnungen, die je zu 50 % mit einander gemischt den jetzt gebräuchlichen russischen Normalsand ausmachen.

---

[1]) S. 52 der Beschlüsse der Konferenzen u. s. w. zusammengestellt von J. Bauschinger 1893. München Theod. Ackermann.

[2]) Professor Böhme hat in seiner aus dem Jahre 1882 stammenden Veröffentlichung die russischen Siebe als solche mit 60, 120 und 240 Maschen angegeben.

6. Norwegischer Normalsand. Der norwegische Normalsand wurde von der Firma C. Winther in Christiania bezogen. Nach Mittheilung dieser Firma und gemäß den Bestimmungen der norwegischen Normen wird der Normalsand aus Drammensand, einem Flußsande, gewonnen, indem er zwei Mal, das heißt vor und nach dem Waschen mit Süßwasser, auf Sieben von 76, 124 und 265 Maschen abgesiebt wird. Mit Hilfe des ersten der drei Siebe sind die gröbsten Theile und mittelst des letzteren auch das Staubfeine zunächst zu entfernen. Dann sind die Rückstände, welche auf den beiden feineren Sieben mit 124 und 265 Maschen verbleiben, zur Erzeugung des Normalsandes zu gleichen Theilen mit einander zu vermischen.

7 und 8. Französischer Normalsand. Nach der Bestimmung der französischen Normen ist der Normalsand durch Zerstampfen von Quarzit aus den Steinbrüchen von Roule bei Cherbourg und durch Waschen des auf die vorgeschriebene Korngröße abgesiebten Materials zu gewinnen. Die Siebe sollen 64 und 144 Maschen auf 1 qcm bei 0,4 und 0,3 mm Drahtstärke haben, sind also dieselben wie die österreichischen und die schweizerischen Siebe. Solcher normenmäßiger Sand ist durch Vermittelung des Ingénieur en chef M. Thanneur, Département du Pas de Calais des ponts et chaussées, Boulogne sur mer, und von M. R. Feret, chef du laboratoire du service maritime du Pas de Calais bezogen worden. Thanneur schreibt zu der Sendung, daß der seit 1885 in Frankreich benutzte Normalsand, der von dem Berge Roule stamme, zerkleinerter Quarzit ist. Der Quarzit wird auf Cementmühlen der Stadt Boulogne gemahlen und verkauft.

Im Jahre 1894 hat die Commission française des méthodes d'essai des matériaux de construction an Stelle dieses Sandes grundsätzlich natürlichen gesiebten Sand von der Küste Leucate gesetzt. Doch sind die Vorschriften seitdem nicht geändert worden und man bedient sich in Frankreich fortwährend zur Kontrole der Cementlieferungen des Sandes von Cherbourg.

Der zweite eben erwähnte, im Gegensatz zum ersten natürliche Sand wurde durch freundliche Vermittelung des Professor Debray, ingénieur en chef à l'école nationale des ponts et chaussées bezogen. Nach Mittheilung von Debray wird dieser natürliche Normalsand in der École nationale zu Paris benutzt. Wie der genannte Herr schreibt, besteht der Sand von Leucate aus durch Naturkräfte zerkleinertem Gerölle von den Pyrenäen, welches die Flüsse von Roussillon zum Meere tragen. Die nach Norden gehenden Uferströmungen führen die Sande von der Mündung jener Flüsse an bis zum Kap Leucate mit sich, wo sie sich weithin anhäufen. In langsamer Bewegung kommen sie in der Nähe des Kaps, wo sie gewonnen werden, vollständig gereinigt und von ziemlich gleichmäßiger Korngröße an. Die Gleichmäßigkeit dieser Sande, welche bei einer 4 m übersteigenden Tiefe eine Breite von 400 m auf 13 km Länge einnehmen, ist nach Debrays Mittheilung wiederholt festgestellt worden. Die Sande setzen sich aus Körnern von verschiedener mineralogischer Natur zusammen. Der größere Theil ist durchscheinender Quarz, weißlich oder röthlich, in graurothlich übergehend mit einer starken Beimengung von milchweißem Orthoklas, Feldspath und einzelnen Körnern, deren dunkelgrünlicher Ton von Ophiten herrühren soll. Außerdem enthalten die Sande kleine Kalkstückchen, von denen ein Theil durch die Zertrümmerung von Seemuschelschalen entstanden ist.

Die Gewinnung des Sandes geschieht mittelst Handbetrieb. Er wird auf Schiffen von geringem Tiefgange unmittelbar am Gestade des Meeres geladen und nach dem Hafen gebracht. Eine bestimmte Entnahmestelle wird festgehalten, da die mittlere Korngröße des

Sandes um so geringer ist, je mehr man sich dem Wasserrande nähert. Diese Erscheinung ist auf die Richtung der dort herrschenden Winde zurückzuführen, welche die leichteren Sandtheilchen beständig nach dem Meere zurückführen. Nach Trocknung des Sandes an der Luft wird er auf Sieben aus gelochtem Blech abgesiebt. Der Normalsand, welcher gewöhnlich zur Herstellung der Mörtelproben benutzt wird, ist derjenige, welcher durch ein Sieb mit Maschen von 1,5 mm Durchmesser hindurchgeht und auf einem solchen mit Maschen von 1,0 mm Durchmesser liegen bleibt. Der Natursand liefert mindestens 50 % solchen Normalsandes.

Der zusammengesetzte Normalsand, welchen die französische Kommission nebenbei vorgeschlagen hat, besteht aus gleichen Gewichtstheilen von:

1. Sand, welcher durch ein Sieb mit Maschen von 2 mm Durchmesser hindurchgeht und auf einem solchen mit Maschen von 1,5 mm Durchmesser zurückbleibt.
2. Gewöhnlicher Normalsand (1,5 mm bis 1 mm).
3. Sand, welcher durch ein Sieb mit Maschen von 1 mm Durchmesser hindurchgeht und auf einem solchen mit Maschen von 0,5 mm zurückbleibt.

Der unter 2. aufgeführte Normalsand ist zu den nachstehenden Versuchen benutzt.

Näheres über die französischen Normalsande findet sich übrigens im Bd. II der Arbeiten der Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction.

9. Englischer Normalsand. Professor W. C. Unwin vom Central Technical College and Guilds Institute, London, an den sich die Versuchsanstalt wegen Bezug englischen Normalsandes gewendet hatte, theilte mit, daß es in England thatsächlich Normalsand nicht gäbe, da Cementprüfungen unter Verwendung von Sand dort wenig in Gebrauch sind. Vor Jahren habe M. Grat einen besonderen Sand von einem Hügel bei Leighton Buzzard gewählt, der mehrfach als Normalsand verwendet wurde. Solcher Normalsand wurde durch die Firma George Garside in Leighton Buzzard der Versuchsanstalt übermittelt. Nach den Bestimmungen der englischen Normen wird dieser Sand genau wie der deutsche auf Sieben von 60 und 120 Maschen auf 1 qcm hergestellt.

10. Amerikanischer Normalsand. Durch Vermittelung von W. W. Maclay, General manager of the Standard Silica Cement Co. of Glens Falls N. Y., wurde von New-York gestoßener Quarzsand bezogen, welcher nach Mittheilung des genannten Herrn in Amerika gewöhnlich als Normalsand bei der Cementprüfung verwendet wird. Der Sand wird im Staate Massachussets aus sehr hartem Quarzfelsen gebrochen und abgesiebt.

Die vorstehend beschriebenen Sande sind eingehend auf ihre Eigenschaften untersucht und in zehnfacher linearer Vergrößerung photographisch dargestellt worden (Taf. I und II).

Die Bilder zeigen deutlich die charakteristischen Merkmale der Sande: Die stark abgerundeten und gleichmäßigen Körner des deutschen Normalsandes, des Rheinsandes, des österreichischen und englischen Normalsandes und des französischen Seesandes von Leucate; die scharfkantigen Körner des schweizerischen, russischen und norwegischen Normalsandes und den splitterigen Bruch der Sande von Roule in Frankreich und von Massachussets.

Auch die mehr oder weniger glashelle oder trübweiße Färbung der Quarzkörner und die Beimiſchung anders gefärbter Mineralien laſſen die Bilder erkennen.

Ueber die weiteren charakteriſtiſchen Eigenſchaften der Sande werden die unten aufgeführten Verſuche Aufſchluß geben.

Der Portland-Cement.

Zu den Verſuchen auf Feſtigkeit der Normalſandmiſchungen 1 Cement : 3 Normalſand und 1 Cement : 5 Normalſand wurden am 12. Oktober 1896 zwei Originalfäſſer eines norddeutſchen Cementes bezogen, deſſen Eigenſchaften nachſtehend angegeben ſind.

Cementprüfung

Gewicht eines Liters eingelaufen R_r	Gewicht eines Liters eingerüttelt R_r	Spez. Gewicht s	Glühverluſt %	Der Abbindeverſuch ergab im Mittel: Wärmeerhöhung C°	Abbindezeit Std.	Erhärtungsanfang Std.	bei	Wärme der Luft C°	Wärme d. Waſſers C°	Feuchtigkeit der Luft %
1,274	2,028	3,082	1,68	3,2	5¼	1¼		16	16	68

Siebrückſtände

Siebe mit Maſchen für 1 qcm	180	324	600	900	5000	
Geſammtrückſtand auf den Sieben; Prozent	—	0,0	0,1	1,2	12,0	
Rückſtand zwiſchen je 2 Sieben; Prozent		0,0	0,1	1,1	10,8	88,0

Prüfung der Normalſande.

Die Prüfung der zehn Sande erſtreckte ſich auf ihre chemiſche Zuſammenſetzung, auf Glühverluſt und ſpezifiſches Gewicht, Korngröße, Litergewichte und die Feſtigkeiten, welche die Sande in Miſchung mit einem Portland-Cement nach 7, 28 und 90 Tagen Waſſererhärtung ergeben haben, wenn 1 Gewichtstheil Cement mit 3 Gewichtstheilen Sand und 1 Gewichtstheil Cement mit 5 Gewichtstheilen Sand gemiſcht wurde. Die erſtere Miſchung wurde als die in den meiſten Ländern übliche Normalmiſchung gewählt, die letztere, um zu ermitteln, in wie weit erhöhter Sandzuſatz die Feſtigkeitsergebniſſe ſtärker beeinflußt. Die Miſchung nach Gewichtstheilen wurde gewählt, weil ſie für Verſuchszwecke die meiſt gebräuchliche iſt, obgleich die Praxis die Mörtel-Miſchungen vorwiegend nach Raumtheilen herſtellt.

Der Gedanke lag nahe, zum weiteren Vergleich der Sande das Miſchungsverhältniß der einzelnen Mörtel ſo zu wählen, daß beiſpielsweiſe in jeder Raumeinheit der Miſchung Cement + Normalſand der gleiche Rauminhalt mit Sand ausgefüllt geweſen wäre. Da die Raumgewichte der verſchiedenen Sande erheblich von einander abweichen, wie die weiter hinten aufgeführte Tab. 3 zeigt, hätten bei Zugrundelegung gewogener Mengen für die Miſchung 1 + 3 bezw. 1 + 5 für die einzelnen Sande die in nachſtehender Zuſammenſtellung aufgeführten Gewichte verwendet werden müſſen. Dies ſei nur nebenher mit dem Hinweis erwähnt, daß Feſtigkeitsverſuche mit in ſolcher Art zuſammengeſetzten Mörteln der hierdurch bedingten erheblichen Mehrarbeit wegen, — die durch den zu erhoffenden wiſſenſchaftlichen Nutzen kaum aufgewogen worden wäre, — nicht ausgeführt wurden, und daß vielmehr alle Sande in dem Verhältniß von 1 Gewichtstheil Cement zu 3 bezw. 5 Gewichtstheilen Sand für die Feſtigkeitsproben zur Verwendung gelangten.

Nr.	Sand aus:	Die Maſſe von 3 bezw. 5 kg des preußiſchen Normalſandes entſpricht im feſt eingerüttelten Zuſtande	
		in Miſchung 1 + 3 kg	in Miſchung 1 + 5 kg
1	Freienwalde	3,000	5,000
2	Rhein	3,058	5,097
3	Oeſterreich	3,154	5,257
4	Schweiz	2,963	4,936
5	Rußland	3,051	5,084
6	Norwegen	2,971	4,947
7	Frankreich (Leucate) . . .	3,104	5,172
8	Frankreich (Cherbourg) . .	2,887	4,811
9	England	3,174	5,293
10	Amerika	2,742	4,571

a) Chemiſche Zuſammenſetzung, Glühverluſt und ſpezifiſches Gewicht.

Zu den einzelnen Verſuchen, deren Ergebniſſe in Tab. 1 zuſammengeſtellt ſind, wurden bei Ermittelung der in Salzſäure löslichen Beſtandtheile jedesmal neue Proben verwendet, und zwar wurden 100 g Sand mit 100 ccm Salzſäure 1 : 1 eine Stunde auf ſiedendem Waſſerbade behandelt.

Zur Ermittelung der abſchlämmbaren Beſtandtheile wurden bei den Sanden 1—3 und 5—10 die mit Salzſäure behandelten Sandproben benutzt, während Sand 4 (Schweizer Sand) wegen der relativ großen Menge der in ihm enthaltenen thonhaltigen Kalkkörnchen ohne vorherige Behandlung mit Salzſäure mit heißem Waſſer abgeſchlämmt (dekantirt) wurde. Der dichte Kalk wies etwa 10 % Thon auf, welcher beim Behandeln mit Salzſäure als unlöslicher Beſtandtheil zurückblieb.

Außer dem mit Ammoniak ausgefällten Niederſchlag der ſalzſauren Löſung wurden nur Kalk und Magneſia einzeln beſtimmt, die am meiſten intereſſiren. Die Menge des in Salzſäure Löslichen wurde aus der Menge des Ammoniak-Niederſchlages, des Kalkes und der Magneſia berechnet[1]).

Ergebniß: Alle Sande waren frei von Schwefelſäure. Die Menge der abſchlämmbaren Beſtandtheile iſt bei allen Sanden gering, relativ am größten beim Rheinſand (0,14 %), beim franzöſiſchen Sand aus Cherbourg (0,14 %) und beim ruſſiſchen Sand (0,12 %).

Bezüglich der in Salzſäure löslichen Beſtandtheile zeigen ſich am reinſten der deutſche, der öſterreichiſche, der amerikaniſche und der engliſche Normalſand.

Eine erhebliche Menge in Salzſäure Lösliches und zwar vorwiegend Kalk, weiſt nur der ſchweizeriſche Normalſand auf, nämlich 16,54 %. Ihm am nächſten ſteht der franzöſiſche Sand von Leucate mit 2,82 %. Entſprechend iſt der Glühverluſt am kleinſten beim deutſchen, öſterreichiſchen und amerikaniſchen Sand, am größten beim ſchweizeriſchen (10,72 %) und beim franzöſiſchen Sand von Leucate (1,17 %).

Ungeachtet dieſer verſchiedenartigen Zuſammenſetzung einzelner Sande ſind die ſpezifiſchen Gewichte aller Sande nahezu gleich; ſie betragen 2,6 und ſchwanken erſt in der zweiten Dezimalſtelle.

[1]) Anmerkung: Die Verſuche führte der Aſſiſtent der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Dr. Schwarz, aus.

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung verschiedener Normalsande.

Bestandtheile	Versuch Nr.	1. Deutschland (Freienwalde)	2. Rhein (zum Vergleich)	3. Oesterreich	4. Schweiz	5a. Rußland grob	5b. Rußland fein	Rußland Mischung	6a. Norwegen grob	6b. Norwegen fein	Norwegen Mischung	7. Frankreich Leucate	8. Frankreich Cherbourg	9. England	10. Amerika
Abschlämmbare Bestandtheile (in Salzsäure unlöslich)		0,05 0,04	0,14	0,01	0,09	0,13	0,11	0,12	0,04	0,04	0,04	0,09	0,14	0,04	0,09
Ammoniak-Niederschlag aus der salzsauren Lösung	1.	0,036	0,428	0,009	1,08	0,836	0,772		1,598	1,410		1,663	0,089	0,069	0,034
	2.	0,035	0,473	0,007	1,50	0,843	0,740		1,448	1,186		1,424	0,117	0,056	0,035
	Mittel	0,04	0,45	0,01	1,29	0,84	0,76	0,80	1,52	1,30	1,41	1,54	0,10	0,06	0,04
Kalk	1.	0,014	0,45	0,048	15,24	0,078	0,080		0,147	0,132		1,090	0,123	0,032	0,018
	2.	0,013	0,38	0,048	15,18	0,097	0,095		0,130	0,130		0,936	0,126	0,014	0,013
	Mittel	0,01	0,42	0,05	15,21	0,09	0,09	0,09	0,14	0,13	0,14	1,01	0,13	0,02	0,02
Magnesia	1.	nicht zugegen	Spur	Spur	Spur	0,06	0,04		0,29	0,12		0,25	Spur	Spur	Spur
	2.				0,08	0,07	0,07		0,26	0,20		0,27			
	Mittel		Spur	Spur		0,07	0,06	0,07	0,28	0,16	0,22	0,26	Spur	Spur	Spur
In Salzsäure lösliche Bestandtheile (berechnet)	1.	0,050	0,878	0,057	16,32	0,974	0,892		2,035	1,662		3,003	0,212	0,101	0,052
	2.	0,049	0,854	0,055	16,76	1,010	0,905		1,838	1,516		2,630	0,243	0,070	0,048
	Mittel	0,05	0,87	0,06	16,54	0,99	0,90	0,95	1,94	1,59	1,77	2,82	0,23	0,09	0,05
Glühverlust	Mittel	0,09	0,61	0,09	10,72	0,38	0,36	0,37	0,53	0,45	0,49	1,17	0,28	0,14	0,08
Spez. Gew.	s =	2,654	2,635	2,655	2,649	2,644	2,650	2,647	2,653	2,649	2,651	2,660	2,659	2,637	2,654

Tabelle 2. Korngrößen verschiedener Normalsande.

Nr.	Sand aus	Maschen auf 1 Quadratcentimeter: 20	60	81	120	169	240	324	auf 20	20—60	60—81	81—120	120—169	169—240	240—324
		Gesammt-Rückstand % auf den Sieben							Rückstand % zwischen je 2 Sieben						
1	Deutschland (Freienwalde)	—	0	21	98	100	—	—	—	0	21	77	2	—	—
2	Rhein (zum Vergleich)	—	0	22	65	90	100	—	—	0	22	43	25	10	—
3	Oesterreich	—	0	8	55	87	100	—	—	0	8	47	32	13	—
4	Schweiz	—	0	1	53	92	100	—	—	0	1	52	39	8	—
5a	Rußland grob	—	0	12	51	80	100	—	—	0	12	39	29	20	—
5b	Rußland fein	—	—	0	0,8	1,2	59	100	—	—	0	0,8	0,4	57,8	41
6a	Norwegen grob	—	0	17	58	87	100	—	—	0	17	41	29	13	—
6b	Norwegen fein	—	—	0	0,8	4	86	100	—	—	0	0,8	3,2	82	14
7	Frankreich (Leucate)	0	28	88	100	—	—	—	0	28	60	12	—	—	—
8	Frankreich (Cherbourg)	0	31	70	95	99	100	—	0	31	39	25	4	1	—
9	England	0	10	41	70	89	100	—	0	10	31	29	19	11	—
10	Amerika	—	0	32	71	93	100	—	—	0	32	39	22	7	—

b) Korngrößen.

Die Korngrößen der Sande wurden zum Zwecke des Vergleichs mit den in der Verſuchsanſtalt gebräuchlichen Sieben aus Gewebe von Meſſingdraht durch ſcharfes Abſieben ermittelt. Die Ergebniſſe enthält Tab. 2, S. 129. In Fig. 1 ſind außerdem die ermittelten Korngrößenverhältniſſe der einzelnen Sande in einer von Profeſſor Martens gewählten Weiſe zeichneriſch dargeſtellt, wobei der ruſſiſche und der norwegiſche Normalſand in der Miſchung von Grobem zum Feinen = 1 : 1 zur Darſtellung gelangten.

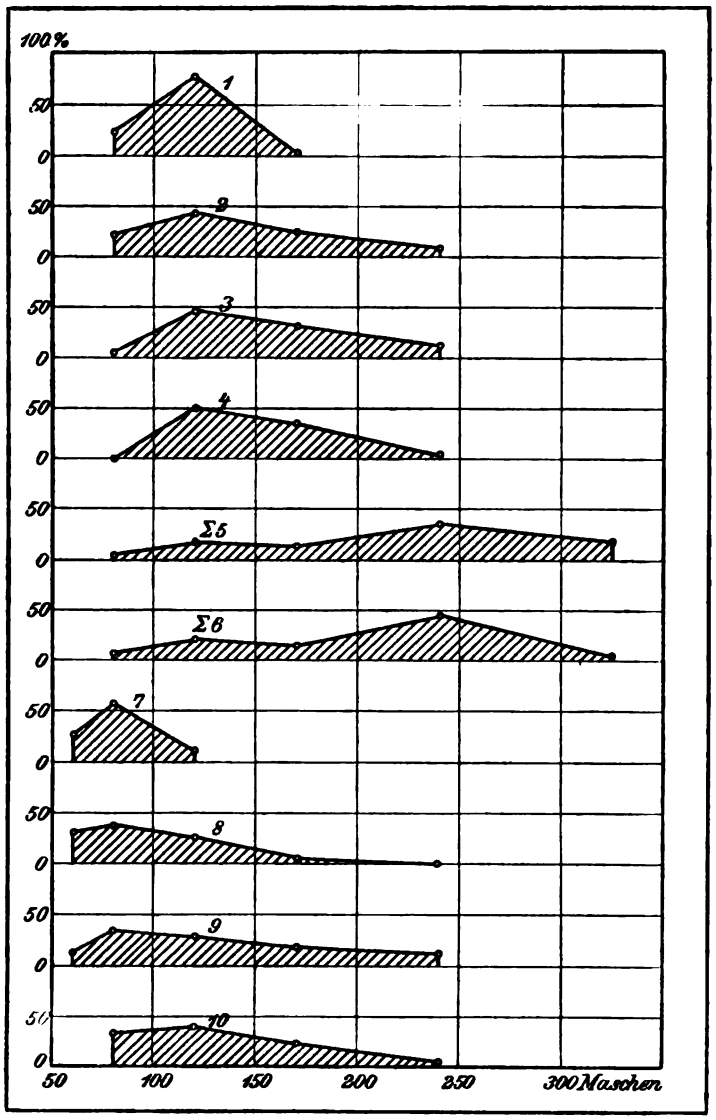


Fig. 1. Korngrößenverhältniſſe der Normalſande verſchiedener Länder.

Ergebniß: Die Zuſammenſetzung der Sande nach Korngrößen weiſt erhebliche Verſchiedenheiten auf.

Die gröbſten Sande ſind die beiden franzöſiſchen, die feinſten naturgemäß der aus zwei Siebungen gemiſchte ruſſiſche und der ebenſo hergeſtellte norwegiſche Sand.

In der Korngröße einander ſehr ähnlich ſind der öſterreichiſche und der ſchweizer Sand, nahe ſtehen ihnen auch der amerikaniſche und der engliſche, die aber (namentlich der letztere) etwas mehr grobes Korn aufweiſen.

Von allen Sanden unterſcheidet ſich der deutſche Normalſand durch ſein mittleres Korn.

c) Raumgewichte.

Die Raumgewichte des loſen und des feſt eingerüttelten Haufwerkes der Sande wurden in der in der Verſuchsanſtalt üblichen Weiſe mittelſt des preußiſchen Litergefäßes feſtgeſtellt,

und zwar wurden die Versuche auf Bestimmung des Litergewichtes des losen Haufwerkes mit dem schon von Böhme benutzten Apparat ausgeführt. Daß dieser zuverlässig arbeitet, beweisen die sehr geringen Schwankungen zwischen den Einzelversuchen in Tab. 3, in welcher die Ergebnisse der Meßversuche zusammengestellt sind.

Mit Hülfe dieses Apparates gelingt eine weit losere Anhäufung der Körner, als sie mit dem von anderer Seite empfohlenen Einsieben möglich ist. Beispielsweise wiegt 1 Liter des österreichischen Normalsandes nach Angaben aus Oesterreich eingesiebt 1573 g, eingerüttelt 1763 g, nach den Versuchen in Charlottenburg eingelaufen 1475 g, eingerüttelt 1770 g.

Tabelle 3. **Litergewichte verschiedener Normalsande.**

Nr.	Sand aus	Gewicht in Kilogramm für 1 Liter Sand						Undichtigkeitsgrad $u = 1 - \frac{R_r}{s}$
		Versuch Nr.	lose eingelaufen R_f		Versuch Nr.	fest eingerüttelt R_r		
1	Deutschland (Freienwalde)	1 2	1,390 1,389	1,390	1 2	1,682 1,685	1,684	0,366
2	Rhein (zum Vergleich)	1 2	1,433 1,431	1,432	1 2	1,717 1,715	1,716	0,349
3	Oesterreich	1 2	1,475 1,475	1,475	1 2	1,770 1,770	1,770	0,333
4	Schweiz	1 2	1,369 1,375	1,372	1 2	1,659 1,665	1,662	0,373
5a	Rußland grob	1 2	1,405 1,407	1,406	1 2	1,712 1,715	1,714	0,352
5b	Rußland fein	1 2	1,400 1,400	1,400	1 2	1,712 1,707	1,710	0,355
6a	Norwegen grob	1 2	1,398 1,402	1,400	1 2	1,670 1,670	1,670	0,371
6b	Norwegen fein	1 2	1,378 1,373	1,376	1 2	1,665 1,665	1,665	0,371
7	Frankreich (Leucate)	1 2	1,460 1,460	1,460	1 2	1,742 1,742	1,742	0,345
8	Frankreich (Cherbourg)	1 2	1,305 1,303	1,304	1 2	1,620 1,620	1,620	0,391
9	England	1 2	1,495 1,494	1,495	1 2	1,780 1,783	1,782	0,324
10	Amerika	1 2	1,261 1,257	1,259	1 2	1,537 1,541	1,539	0,420

Ergebniß. Die Unterschiede in den Litergewichten der Sande sind entsprechend der verschiedenen Form der Körner und der verschiedenen mineralogischen Zusammensetzung erheblich. Die leichtesten Sande sind der amerikanische, der französische von Cherbourg, der schweizerische und der norwegische, also vorwiegend die gebrochenen scharfkantigen Sande, die schwersten sind der englische, der österreichische und der französische Sand von Leucate.

Trotz dieser Unterschiede ist die Differenz zwischen dem eingerüttelten und dem eingelaufenen Gewicht $R_r - R_f$ bei allen Sanden ziemlich konstant und schwankt im allgemeinen nur zwischen 280 und 300 g.

Den Litergewichten entsprechend weisen der amerikanische Sand, der französische Sand von Cherbourg und der norwegische Sand im eingerüttelten Zustande die meisten Hohlräume (den größten Undichtigkeitsgrad) auf, während der englische, der österreichische und der französische Sand von Leucate die geringste Undichtigkeit haben. Der deutsche Normalsand steht mit Bezug auf Litergewicht und Undichtigkeitsgrad in der Mitte.

Festigkeiten.

Die Herstellung der Probekörper zu den Festigkeitsversuchen erfolgte in der für die preußische Normenprüfung gültigen Weise mittelst Böhmes Hammerapparat. Der Wasserzusatz wurde so bemessen, daß nach etwa 100 Schlägen des Hammers eine geringe Wasserausscheidung an den Proben beobachtet wurde.

Die Mischung der Mörtel wurde auf der Marmorplatte des Tisches mit der Mauerkelle fünf Minuten lang bewirkt. Die für jeden Körper erforderliche Mörtelmenge wurde abgewogen, und zwar wurden für die Zugproben je 180 g und für die Druckproben je 860 g Mörtel der 1 + 3 Mischung verwendet. Nach je 150 Schlägen des Hammers wurden die Proben mit dem Messer geglättet und in Zinkkästen abgesetzt. Die Zugproben wurden sogleich, die Druckproben nach 24 Stunden entformt. Nach dieser Zeit kamen alle Proben unter Wasser, wo sie bis zu der nach 7, 28 und 90 Tagen erfolgenden Prüfung verblieben. Tab. 4 enthält die verwendeten Wasserzusätze und die Raumgewichte der 24 Stunden alten Zug- und Druckproben.

Tabelle 4. **Raumgewichte der 24 Stunden alten Zug- und Druckproben.**

Mischung in Gewthl.	1 Cement + 3 Sand			1 Cement + 5 Sand		
Sand aus	Wasserzusatz %	Raumgewicht r 24 Stunden nach dem Einschlagen für Zugprobekörper	Raumgewicht r 24 Stunden nach dem Einschlagen für Druckprobekörper	Wasserzusatz %	Raumgewicht r 24 Stunden nach dem Einschlagen für Zugprobekörper	Raumgewicht r 24 Stunden nach dem Einschlagen für Druckprobekörper
Deutschland (Freienwalde)	9	2,274	2,197	7	2,055	1,989
Rhein (zum Vergleich)	9	2,274	2,220	7	2,099	2,014
Oesterreich	9	2,303	2,268	7,5	2,157	2,124
Schweiz	9,5	2,289	2,118	7,5	2,041	1,887
Rußland (gemischt)	10	2,259	2,180	8,5	2,114	2,034
Norwegen (gemischt)	9	2,245	2,121	7	2,026	1,893
Frankreich (Leucate)	9	2,303	2,268	7,5	2,041	2,065 [1]
Frankreich (Cherbourg)	9	2,216	2,062	7,5	1,997	1,873
England	9	2,332	2,282	7,5	2,187	2,121
Amerika	9	2,187	1,977	7	1,953	1,777

Nach Möglichkeit wurden von jeder Altersklasse und Mischung 10 Körper zu einer Versuchsreihe verwendet, nur für die Druckversuche der Mischung 1 : 5 wurden je 5 Körper für jede Reihe angefertigt, um Sand zu sparen. Die Ergebnisse der Versuche sind in den Tab. 5 enthalten, die Zusammenstellung der Mittelwerthe enthält Tab. 6, die Verhältnißzahlen zwischen Zugfestigkeit und Druckfestigkeit Tab. 7.

[1] Vermuthlich Versuchsfehler.

Tabelle 5. Zug- und Druckfestigkeit von Cementmörteln aus verschiedenen Normalsanden.

Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter			Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter			Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter			Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter		
	7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt		7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
1. Berliner Normalsand (von Freienwalde).													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	16,8	24,7	32,3	139,4	198,4	280,1	1	9,8	15,0	17,7	58,6	93,2	108,0
2	18,5	25,4	32,0	142,2	198,6	268,6	2	11,5	15,5	17,3	56,4	96,0	108,0
3	18,0	25,9	25,0	141,0	204,6	267,0	3	9,8	15,3	18,7	62,0	95,6	121,0
4	17,5	23,6	29,6	146,0	207,0	282,8	4	11,6	14,9	17,8	60,2	92,0	128,0
5	16,4	25,7	26,1	138,0	201,0	288,4	5	12,8	14,6	19,6	60,6	90,0	128,0
6	16,7	25,0	24,0	144,0	210,6	270,0	6	11,8	16,1	17,7	—	—	—
7	18,0	24,5	31,9	141,0	204,0	266,0	7	9,9	15,6	16,2	—	—	—
8	17,7	24,6	32,6	140,6	199,8	260,0	8	11,0	15,9	19,0	—	—	—
9	19,0	22,7	27,2	144,0	208,8	273,4	9	10,8	16,2	15,5	—	—	—
10	15,1	24,9	28,1	137,0	197,0	282,6	10	9,9	14,8	16,4	—	—	—
Mittel	17,4	24,7	28,9	141,3	203,0	278,9	Mittel	10,9	15,4	17,6	59,6	93,4	118,6
2. Rheinsand, abgesiebt zwischen 60 und 120 Maschen.													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	19,1	22,9	30,8	164,0	237,2	301,6	1	13,3	12,3	17,8	78,0	107,6	124,0
2	19,7	25,2	27,6	161,0	240,0	324,8	2	11,8	13,6	20,3	72,0	108,4	124,6
3	19,8	25,3	30,9	167,4	231,4	310,0	3	13,3	13,8	17,1	74,0	101,2	135,0
4	17,4	23,8	28,7	160,5	238,6	304,4	4	12,1	14,8	19,9	74,6	104,4	130,4
5	20,1	24,6	32,5	158,0	245,4	284,6	5	11,9	13,1	19,6	70,0	108,4	134,0
6	18,8	23,6	29,5	164,0	238,4	285,8	6	11,2	12,1	17,5	—	—	—
7	18,8	22,7	28,5	160,0	237,8	286,0	7	10,6	14,6	17,0	—	—	—
8	21,7	25,3	30,3	163,6	240,4	288,0	8	11,1	13,4	16,6	—	—	—
9	19,9	25,7	27,0	162,8	243,6	315,0	9	11,9	12,7	17,2	—	—	—
10	19,9	24,6	27,8	166,0	235,6	320,0	10	12,9	13,7	17,6	—	—	—
Mittel	19,5	24,4	29,4	162,7	238,8	302,0	Mittel	12,0	13,4	18,0	73,7	106,0	129,6
3. Oesterreichischer (Wiener) Normalsand.													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	21,7	25,8	33,7	147,0	199,4	278,2	1	14,3	16,0	21,6	82,0	100,4	147,0
2	18,5	24,9	31,7	149,0	215,0	273,0	2	14,5	15,5	22,3	80,1	111,0	154,0
3	18,5	23,6	30,2	148,6	214,0	268,0	3	13,0	14,5	22,2	78,8	108,4	148,0
4	23,2	25,6	34,0	154,0	208,6	278,4	4	13,5	17,0	19,0	78,0	114,2	147,0
5	20,5	24,8	27,4	150,0	216,0	287,4	5	12,5	15,6	17,6	80,0	115,8	155,0
6	19,0	25,1	28,9	152,4	204,4	276,0	6	14,0	17,8	18,2	—	—	—
7	16,5	25,2	26,8	146,0	204,0	274,0	7	13,4	17,8	23,8	—	—	—
8	18,9	26,1	31,9	151,6	206,0	281,0	8	15,0	18,9	20,5	—	—	—
9	21,9	26,8	28,7	151,8	218,0	280,6	9	12,0	18,7	20,2	—	—	—
10	23,4	24,5	32,1	150,2	217,6	287,8	10	14,0	14,8	20,4	—	—	—
Mittel	20,2	25,2	30,5	150,1	210,3	278,4	Mittel	13,6	16,7	20,6	79,8	110,0	150,2

Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
4. Schweizer Normalsand.													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	19,6	28,2	31,9	114,0	164,3	226,0	1	11,8	17,3	23,0	48,8	67,0	98,0
2	20,3	25,9	32,7	125,0	160,2	217,0	2	13,4	19,3	20,2	54,0	65,2	100,0
3	22,2	27,1	28,0	118,0	158,0	227,0	3	12,1	17,5	21,4	56,2	72,4	94,0
4	21,0	27,0	33,8	116,0	156,0	210,0	4	12,1	18,2	22,2	51,6	76,0	100,0
5	19,5	28,1	30,1	121,0	155,0	227,2	5	12,0	16,3	21,6	59,0	65,0	108,0
6	19,3	28,5	32,5	126,0	156,4	229,4	6	12,6	15,0	21,5	—	—	—
7	19,0	25,4	36,2	116,6	157,6	226,8	7	11,7	14,3	21,0	—	—	—
8	20,0	28,6	33,8	118,8	154,0	221,0	8	11,6	16,6	21,2	—	—	—
9	16,4	25,5	29,8	116,2	163,0	217,8	9	10,5	15,5	22,0	—	—	—
10	16,9	26,7	32,5	112,0	158,0	211,0	10	11,5	14,9	20,5	—	—	—
Mittel	**19,4**	**27,1**	**32,1**	**118,4**	**158,3**	**221,3**	Mittel	**11,9**	**16,5**	**21,5**	**53,9**	**69,1**	**100,0**
5. Russischer Normalsand.													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	14,4	19,0	22,4	110,0	164,0	241,6	1	8,0	9,2	12,2	47,6	66,4	91,0
2	13,5	15,7	22,8	115,0	173,4	227,0	2	7,8	9,5	11,7	46,0	74,0	95,6
3	14,5	15,6	22,9	123,0	170,0	223,4	3	8,5	9,7	11,3	51,0	63,2	97,0
4	14,8	15,7	20,9	129,2	161,0	244,8	4	8,5	8,8	13,5	47,6	69,2	99,0
5	13,2	14,5	21,4	127,0	164,2	224,0	5	8,3	9,5	11,1	46,2	66,4	100,8
6	13,0	17,2	19,8	125,0	169,4	226,8	6	8,0	8,9	11,6	—	—	—
7	13,5	14,2	18,1	120,6	164,6	237,6	7	8,1	9,3	11,2	—	—	—
8	13,4	17,9	20,4	136,8	163,0	234,4	8	7,9	9,0	12,4	—	—	—
9	14,2	14,2	19,5	122,8	163,8	226,6	9	8,1	9,7	11,3	—	—	—
10	13,3	17,3	18,6	120,0	164,4	243,2	10	8,0	8,4	12,3	—	—	—
Mittel	**13,8**	**16,1**	**20,7**	**122,9**	**165,8**	**232,9**	Mittel	**8,1**	**9,2**	**11,9**	**47,7**	**67,8**	**96,7**
6. Norwegischer Normalsand.													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	18,3	20,7	23,6	121,0	157,0	224,0	1	10,0	12,0	15,9	52,0	74,0	92,0
2	17,2	20,7	25,7	125,0	164,8	214,0	2	9,4	11,0	16,4	54,0	69,0	104,0
3	18,4	21,1	25,0	111,4	162,0	224,0	3	9,1	11,8	14,1	54,4	73,0	100,0
4	17,8	20,2	24,0	116,6	156,0	225,0	4	10,2	11,4	14,2	52,0	65,0	83,0
5	16,9	20,0	27,4	114,0	158,8	209,0	5	9,5	11,1	13,5	48,6	69,0	95,0
6	17,9	21,2	24,7	116,0	161,0	206,0	6	9,4	10,2	13,7	—	—	—
7	17,4	20,9	26,5	115,0	160,4	222,0	7	10,2	12,1	14,2	—	—	—
8	16,8	19,2	24,8	120,4	162,0	213,0	8	11,4	11,2	14,9	—	—	—
9	18,5	19,3	24,6	115,8	159,0	218,0	9	10,3	10,7	14,3	—	—	—
10	16,8	18,7	25,0	114,2	158,0	218,0	10	8,1	11,9	12,9	—	—	—
Mittel	**17,6**	**20,2**	**25,1**	**116,9**	**159,9**	**217,3**	Mittel	**9,8**	**11,3**	**14,4**	**52,2**	**70,0**	**94,8**

Verſuch Nr.	Zugfeſtigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfeſtigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Verſuch Nr.	Zugfeſtigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfeſtigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
7. Franzöſiſcher Normalſand (vom Strande von Leucate).													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	20,9	24,7	28,6	162,0	201,0	293,4	1	13,8	15,4	19,1	76,0	98,0	137,2
2	20,9	27,3	26,5	165,0	213,2	297,4	2	13,5	13,4	21,9	73,0	92,4	134,6
3	21,4	30,1	28,6	173,0	217,0	297,4	3	14,2	16,0	19,3	71,0	88,0	138,0
4	19,8	23,8	28,9	164,6	228,4	288,0	4	14,2	16,7	19,2	67,0	89,0	131,0
5	20,4	24,1	28,7	166,4	216,6	284,0	5	10,5	15,8	20,1	72,5	90,0	141,0
6	22,3	26,7	29,1	170,8	221,0	295,0	6	13,2	17,9	17,0	—	—	—
7	20,2	25,0	31,0	170,0	224,4	294,0	7	14,6	17,5	17,6	—	—	—
8	21,6	24,3	27,2	162,2	235,2	293,2	8	13,5	17,9	23,8	—	—	—
9	18,2	26,1	29,3	170,0	235,4	331,8	9	13,6	15,1	18,2	—	—	—
10	18,4	22,5	26,0	164,0	222,0	298,8	10	15,4	12,6	19,7	—	—	—
Mittel	**20,4**	**25,5**	**28,4**	**166,8**	**221,4**	**297,3**	**Mittel**	**13,7**	**15,8**	**19,6**	**71,9**	**90,5**	**136,4**
8. Franzöſiſcher Normalſand (Sable broyé de la montagne du Roule à Cherbourg).													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	20,0	25,7	27,8	116,0	165,6	221,0	1	13,0	17,2	20,4	51,0	74,0	97,2
2	20,7	28,1	31,5	116,8	163,4	221,6	2	10,0	17,3	19,6	47,0	75,4	104,0
3	20,0	28,4	28,0	117,0	161,0	221,4	3	11,9	17,2	19,5	50,0	75,2	101,2
4	22,6	23,8	27,7	111,0	166,0	210,0	4	13,0	19,3	20,5	51,0	67,0	99,0
5	20,0	29,9	29,1	118,6	169,2	206,0	5	13,7	18,3	19,6	53,0	74,0	101,4
6	18,0	24,9	38,5	120,2	166,8	180,0[1])	6	13,1	17,1	20,4	—	—	—
7	21,0	26,1	30,8	122,0	164,0	222,4	7	12,4	17,5	19,4	—	—	—
8	22,6	27,4	29,8	120,1	168,6	224,0	8	13,3	16,1	19,3	—	—	—
9	21,3	26,9	32,4	115,0	158,0	222,0	9	12,0	17,1	21,8	—	—	—
10	20,2	24,7	34,1	113,6	160,6	208,4	10	11,3	17,3	21,2	—	—	—
Mittel	**20,6**	**26,6**	**31,0**	**117,0**	**164,3**	**217,4**	**Mittel**	**12,4**	**17,4**	**20,2**	**50,4**	**73,1**	**100,6**
9. Engliſcher Normalſand (Metropolitan Board of Works).													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	17,6	20,1	29,6	154,6	226,0	284,0	1	11,8	12,1	18,4	70,0	105,2	154,4
2	15,4	23,6	28,2	154,0	223,4	308,0	2	10,9	11,6	16,9	64,2	104,0	156,4
3	18,7	21,7	32,2	150,8	225,0	295,4	3	10,7	11,2	17,0	68,0	119,8	152,8
4	16,8	23,4	33,8	157,0	215,4	302,6	4	11,2	13,5	15,3	71,6	106,2	146,2
5	18,1	21,9	31,4	144,0	224,0	304,0	5	10,6	13,0	18,4	68,0	103,0	151,0
6	15,2	22,8	28,0	153,6	220,0	305,8	6	10,8	14,5	16,2	—	—	—
7	17,3	21,4	29,4	158,0	224,6	306,0	7	10,9	13,4	18,9	—	—	—
8	19,9	21,6	28,6	154,0	222,0	292,8	8	9,1	13,0	17,1	—	—	—
9	17,3	23,2	30,1	155,0	221,0	308,0	9	11,0	13,5	18,0	—	—	—
10	19,8	22,5	27,0	147,0	218,0	304,4	10	11,5	13,8	18,8	—	—	—
Mittel	**17,6**	**22,2**	**29,8**	**152,8**	**221,9**	**301,1**	**Mittel**	**10,9**	**13,0**	**17,5**	**68,4**	**107,6**	**152,2**

[1]) Gewogener Probekörper; von der Bildung des Mittelwerthes ausgeſchloſſen.

Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Versuch Nr.	Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
10. Amerikanischer Normalsand (Crushed Quartz of Massachusetts).													
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.							1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.					
1	23,0	30,0	32,0	94,0	135,0	183,0	1	13,8	14,5	20,5	40,4	58,2	72,0
2	20,8	29,6	29,1	88,6	130,0	175,0	2	11,9	14,9	18,8	40,6	59,0	79,2
3	20,9	27,7	29,8	99,4	137,0	169,0	3	13,9	16,1	19,8	40,6	59,2	73,8
4	20,2	27,5	28,1	88,0	132,0	181,0	4	12,1	14,2	19,3	41,0	57,4	75,0
5	22,0	29,6	35,1	94,4	128,6	186,0	5	11,8	14,0	18,3	40,0	58,2	76,0
6	21,4	27,5	31,8	90,6	136,0	174,4	6	11,4	16,7	22,0	—	—	—
7	19,0	30,0	30,7	96,4	128,8	178,2	7	11,5	14,3	18,1	—	—	—
8	17,4	28,9	33,0	91,0	134,4	181,0	8	12,9	17,9	20,3	—	—	—
9	20,8	25,7	34,4	93,0	133,0	195,6	9	11,2	15,4	19,5	—	—	—
10	19,5	29,4	33,2	92,8	132,6	180,8	10	10,9	16,4	20,2	—	—	—
Mittel	**20,5**	**28,6**	**31,7**	**92,8**	**132,7**	**180,4**	Mittel	**12,1**	**15,4**	**19,7**	**40,5**	**58,4**	**75,2**

Tabelle 6. Zug- und Druckfestigkeit von Cement-Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

Zusammenstellung der Mittelwerthe.

Nr.	Sand aus	Mittl. Zugfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Mittl. Druckfestigkeit Kilogramm für 1 Quadratcentimeter 7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.						
1	Deutschland (Freienwalde) .	17,4	24,7	28,9	141,3	203,0	273,9
2	Rhein (zum Vergleich) . .	19,5	24,4	29,4	162,7	238,8	302,0
3	Oesterreich	20,2	25,2	30,5	150,1	210,3	278,4
4	Schweiz	19,4	27,1	32,1	118,4	158,3	221,3
5	Rußland (gemischt) . . .	13,8	16,1	20,7	122,9	165,8	232,9
6	Norwegen (gemischt) . . .	17,6	20,2	25,1	116,9	159,9	217,3
7	Frankreich (Leucate) . . .	20,4	25,5	28,4	166,8	221,4	297,3
8	Frankreich (Cherbourg) . .	20,6	26,6	31,0	117,0	164,3	217,4
9	England	17,6	22,2	29,8	152,8	221,9	301,1
10	Amerika	20,5	28,6	31,7	92,8	132,7	180,4
	1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.						
1	Deutschland (Freienwalde) .	10,9	15,4	17,6	59,6	93,4	118,6
2	Rhein (zum Vergleich) . .	12,0	13,4	18,0	73,7	106,0	129,6
3	Oesterreich	13,6	16,7	20,6	79,8	110,0	150,2
4	Schweiz	11,9	16,5	21,5	53,9	69,1	100,0
5	Rußland (gemischt)	8,1	9,2	11,9	47,7	67,8	96,7
6	Norwegen (gemischt) . . .	9,8	11,3	14,4	52,2	70,0	94,8
7	Frankreich (Leucate) . . .	13,7	15,8	19,6	71,9	90,5	136,4
8	Frankreich (Cherbourg) . .	12,4	17,4	20,2	50,4	73,1	100,6
9	England	10,9	13,0	17,5	68,4	107,6	152,2
10	Amerika	12,1	15,4	19,7	40,5	58,4	75,2

Tabelle 7. Verhältniß $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{Zugfestigkeit}}$ von Cementmörteln aus verschiedenen Normalsanden.

Nr.	Mischung: Normalsand	1 Cement + 3 Sand: Verhältnißzahl für 7 Tage	1 Cement + 3 Sand: 28 Tage	1 Cement + 3 Sand: 90 Tage	1 Cement + 5 Sand: 7 Tage	1 Cement + 5 Sand: 28 Tage	1 Cement + 5 Sand: 90 Tage
1	Deutschland (Freienwalde) .	8,1	8,2	9,5	5,5	6,1	6,7
2	Rhein	8,3	9,8	10,3	6,1	7,9	7,2
3	Oesterreich	7,4	8,3	9,1	5,9	6,6	7,3
4	Schweiz	6,1	5,8	6,9	4,5	4,2	4,7
5	Rußland (gemischt) . . .	8,9	10,3	11,3	5,9	7,4	8,1
6	Norwegen (gemischt) . . .	6,6	7,9	8,7	5,3	6,2	6,6
7	Frankreich (Leucate) . . .	8,2	8,7	10,5	5,2	5,7	7,0
8	Frankreich (Cherbourg) . .	5,7	6,2	7,0	4,1	4,2	5,0
9	England	8,7	10,0	10,1	6,3	8,3	8,7
10	Amerika	4,5	4,6	5,7	3,3	3,8	3,8

Ergebniß. Die in Tab. 4 enthaltenen Raumgewichte der 24 Stunden alten Zug- und Druckproben sind durch Einzelwägungen von je 5 Probekörpern gefunden worden und stellen somit ziemlich zuverlässige Mittelwerthe dar. Die Raumgewichte der Probekörper gehen — von einzelnen Abweichungen abgesehen — parallel mit den Litergewichten der Sande. Die spezifisch schwersten Sande haben auch die schwersten Körper in der Mischung mit Cement ergeben, wie zu erwarten war.

Die Tabellen 5 zeigen in den einzelnen Reihen befriedigende Uebereinstimmung der Einzelversuche. Besonders auffällige Abweichungen haben sich bei keinem Sande gezeigt. Der leichteren Uebersicht wegen sind die Mittelwerthe der Versuchsreihen in Tab. 6 noch besonders vereinigt. In Fig. 2 und 3 sind die Mittelwerthe der 1 + 3 Mörtel für drei Altersstufen zeichnerisch aufgetragen, um zu zeigen, daß alle Sande in der Festigkeit von 7 bis auf 90 Tage normalen Erhärtungsfortgang der Mörtel bewirken.

Nebenher sei bemerkt, daß der Erhärtungsfortgang bei den Sanden, die an sich geringere Festigkeiten ergeben, gleichfalls geringer ist, als bei den anderen Sanden mit höheren Festigkeiten.

Um die Festigkeiten der einzelnen Sande für jede Altersstufe bequem mit einander vergleichen zu können, sind in Fig. 4 die Zugfestigkeiten der 1 + 3 Mörtel und in Fig. 5 die Zugfestigkeiten der 1 + 5 Mörtel neben einander so aufgetragen, daß leicht ersichtlich ist, welche Normalsande unter den in Ordinate 1 aufgetragenen Festigkeiten, die der preußische Normalsand liefert, zurückbleiben, und welche sie überschreiten.

In gleicher Weise enthält Fig. 6 die Druckfestigkeiten der 1 + 3 Mörtel und Fig. 7 die Druckfestigkeiten der 1 + 5 Mörtel.

In allen 4 Figuren sind die Festigkeiten je eines Sandes auf einer Ordinate aufgetragen, deren Ziffernbezeichnung der Ziffernbenennung der Sande in Tab. 6 entspricht.

Die Betrachtung der Tabellen und Figuren ergiebt nun folgendes:

Wie nach den bekannten Einflüssen der Körnergrößen und Körnerbeschaffenheiten zu erwarten war, verhalten sich einzelne besonders charakteristische Sande durchaus verschieden gegen Zug- wie gegen Druckfestigkeit. Um nur ein Beispiel zu nennen, liefert der amerikanische Sand (10) in der Mischung 1 + 3 die höchste Zugfestigkeit und die niedrigste Druckfestigkeit. Aehnlich verhalten sich der Schweizer Sand (4) und der französische Sand

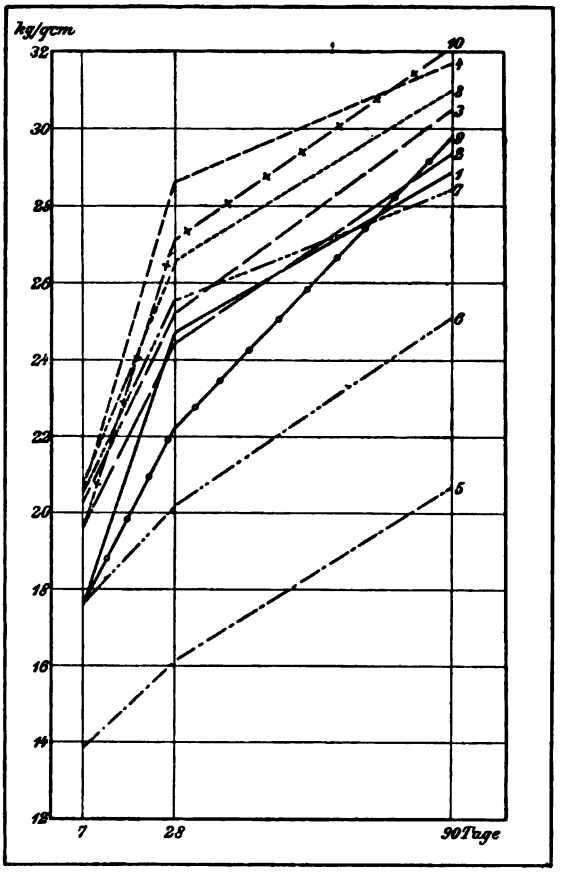


Fig. 2. Zugfestigkeit von 1 + 3 Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

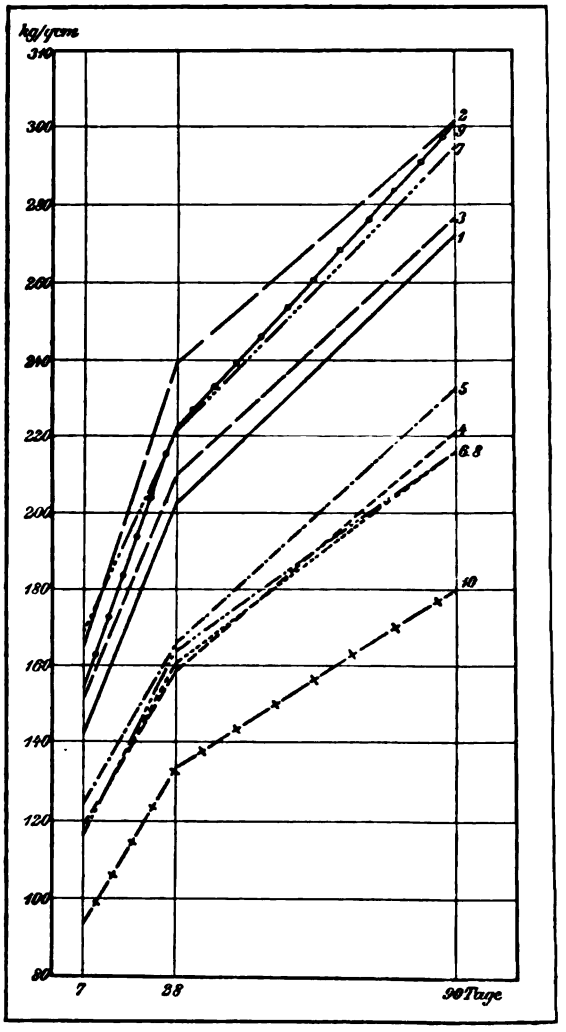


Fig. 3. Druckfestigkeit von 1 + 3 Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

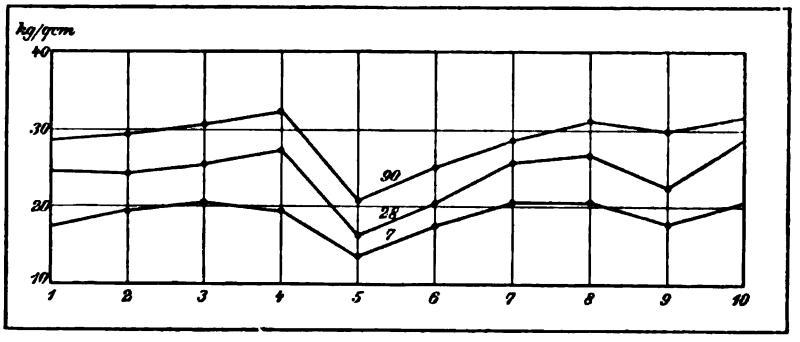


Fig. 4. Zugfestigkeiten von 1 + 3 Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

von Cherbourg (8); gerade die ſcharfkantigen, gebrochenen Sande liefern alſo niedrige Druckfeſtigkeiten.

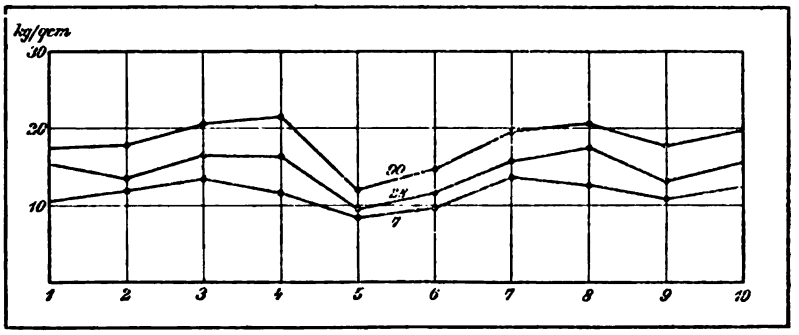


Fig. 5. Zugfeſtigkeiten von 1 + 5 Mörteln aus verſchiedenen Normalſanden.

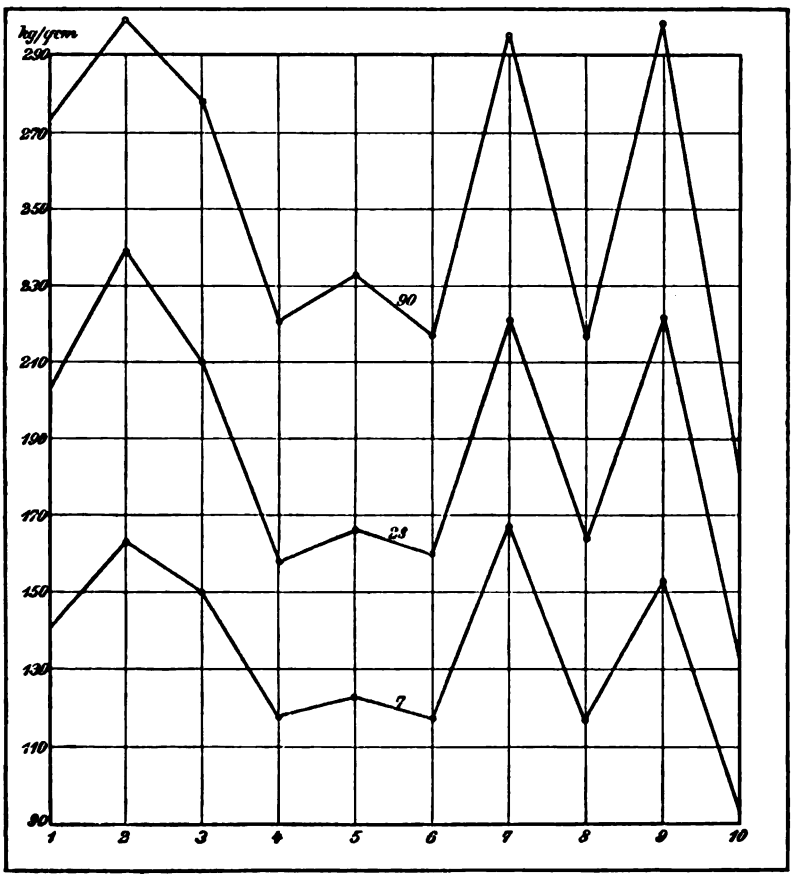


Fig. 6. Druckfeſtigkeiten von 1 + 3 Mörteln aus verſchiedenen Normalſanden.

Auffallender Weiſe tritt dieſe Erſcheinung in der magereren Miſchung 1 + 5 weniger deutlich zu Tage, obgleich auch in dieſer Miſchung die Sande 10, 8 und 4 hohe Zugfeſtigkeit und niedere Druckfeſtigkeit bewirkt haben.

Besonders niedrige Zugfestigkeit und auch relativ geringen Fortgang in der Zugfestigkeit, namentlich in den ersten 4 Wochen, zeigen die gemischtkörnigen Sande, der russische (5)

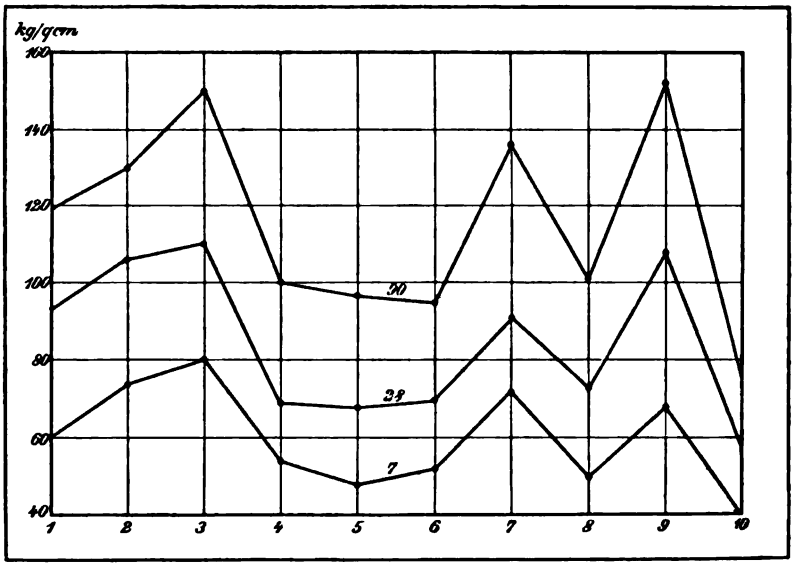


Fig. 7. Druckfestigkeiten von 1 + 5 Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

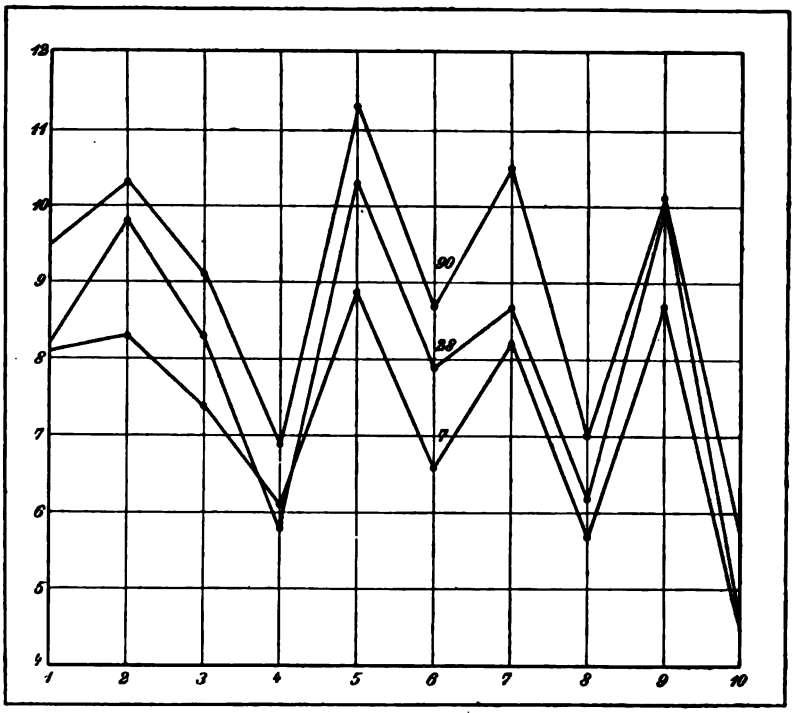


Fig. 8. Verhältniß $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{Zugfestigkeit}}$ von 1 + 3 Mörteln aus verschiedenen Normalsanden.

und der norwegische (6), und auch in Bezug auf Druckfestigkeit liegen diese Sande nahe an der unteren Grenze, da nur der amerikanische Sand noch geringere Druckfestigkeit ergeben hat.

Die eigenthümlichen Beziehungen zwiſchen Zug- und Druckfeſtigkeiten, welche ſchon aus den Fig. 4—7 erſichtlich ſind, werden noch deutlicher, wenn man die in Tab. 7 enthaltenen Quotienten $\frac{\text{Druckfeſtigkeit}}{\text{Zugfeſtigkeit}}$ für die Miſchung 1 + 3 und die drei Altersſtufen zeichneriſch aufträgt (Fig. 8). Wie bereits erwähnt, iſt der Quotient auffallend klein bei den drei ſcharfkantigen Sanden 10, 4, 8. Bei allen anderen Sanden iſt das Verhältniß $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ günſtiger, aber nur bei drei Sanden, nämlich dem ruſſiſchen (5), dem engliſchen (9) und dem Rheinſand (2) nahe 10.

Die Kurven laſſen drei Gruppen deutlich erkennen, nämlich mäßige Steigerung des Quotienten $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ von 7 bis zu 90 Tagen (Sande 10, 4, 8 und 1), ſchnelle Steigerung von 7 auf 28, mäßige von 28 auf 90 Tage (Sande 6 und 3), ſehr ſchnelle Steigerung von 7 auf 28, ſehr mäßige von 28 auf 90 Tage (Sande 9 und 2).

Tabelle 8. **Zuſammenſtellung der Verhältnißzahlen der Mittelwerthe.**

Die Ergebniſſe des Freienwalder Normalſandes = 100 geſetzt.

Nr.	Sand aus	Verhältniß der Feſtigkeit x des deutſchen Normalſandes zu der Feſtigkeit y der fremden Normalſande							
		Zugfeſtigkeit $\frac{y}{x} \cdot 100$				Druckfeſtigkeit $\frac{y_1}{x_1} \cdot 100$			
		7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Mittlere Verhältnißzahl	7 Tage alt	28 Tage alt	90 Tage alt	Mittlere Verhältnißzahl
	1 Gewthl. Cement + 3 Gewthl. Sand.								
2	Rhein (zum Vergleich) .	112	99	102	**104**	115	118	110	**114**
7	Frankreich (Leucate) . .	117	103	98	**106**	118	109	105	**111**
3	Oeſterreich	116	102	105	**108**	106	104	102	**104**
9	England	101	90	103	**98**	108	109	110	**109**
1	Deutſchland (Freienwalde)	100	100	100	**100**	100	100	100	**100**
4	Schweiz	111	110	111	**111**	84	78	81	**81**
8	Frankreich (Cherbourg) .	118	108	104	**110**	83	81	79	**81**
10	Amerika	118	116	110	**115**	66	65	66	**66**
6	Norwegen	101	82	87	**90**	83	79	79	**80**
5	Rußland	79	65	71	**72**	87	82	85	**85**
	1 Gewthl. Cement + 5 Gewthl. Sand.								
3	Oeſterreich	125	108	117	**117**	136	118	126	**127**
2	Rhein (zum Vergleich) .	110	87	102	**100**	123	113	109	**116**
7	Frankreich (Leucate) . .	126	103	111	**113**	121	97	115	**111**
9	England	100	84	99	**94**	115	116	128	**120**
1	Deutſchland (Freienwalde)	100	100	100	**100**	100	100	100	**100**
4	Schweiz	109	107	122	**113**	90	74	84	**83**
8	Frankreich (Cherbourg) .	114	113	115	**114**	85	78	85	**83**
10	Amerika	111	100	112	**108**	68	63	64	**65**
6	Norwegen	90	63	82	**78**	88	75	80	**81**
5	Rußland	74	60	68	**67**	80	73	82	**78**

Setzt man die mit Freienwalder Normalſand in Miſchung 1 + 3 und 1 + 5 gewonnenen Mittelwerthe aus den Verſuchen auf Zugfeſtigkeit und auf Druckfeſtigkeit = 100 und berechnet die Verhältnißzahlen der übrigen Sande, ſo ergeben ſich die in Tab. 8 enthaltenen Ziffern. Aus ihnen iſt erſichtlich, welche Normalſande niedere und welche höhere Feſtigkeiten als der deutſche Normalſand liefern.

Im allgemeinen herrſcht zwiſchen den Verhältnißzahlen der 7 Tage, der 28 Tage und der 90 Tage alten Proben befriedigende Uebereinſtimmung, nur die Verhältnißzahlen für die 7 Tage alten Proben weichen in einigen Fällen von den Verhältnißzahlen der 28 und 90 Tage alten Proben erheblich nach oben ab, ein Umſtand, der vorausſichtlich der größeren Unſicherheit der 7-Tagsprüfung zuzuſchreiben iſt.

Vergleicht man die in Tab. 8 enthaltenen Mittelwerthe der Verhältnißzahlen für jeden einzelnen Sand und die 1 + 3 Miſchung mit denen der 1 + 5 Miſchung, ſowohl für die Zug-, wie die Druckfeſtigkeit (Fig. 9), ſo tritt deutlich zu Tage, wie verſchieden ſich die einzelnen Sande gegenüber der Zugfeſtigkeit und gegenüber der Druckfeſtigkeit verhalten. Die ſtarken Linien gelten für die 1 + 3 Mörtel, die ſchwachen für die 1 + 5 Mörtel, die geſtrichelten Linien bedeuten Zugfeſtigkeiten, die ausgezogenen Druckfeſtigkeiten.

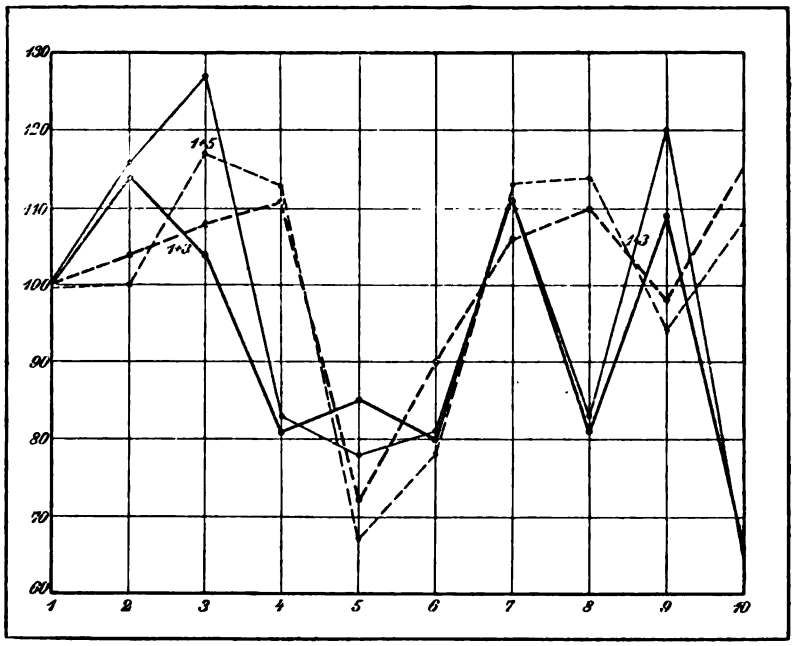


Fig. 9. Vergleich der Feſtigkeit von Mörteln mit deutſchem Normalſand mit der Feſtigkeit von Mörteln mit fremden Sanden in den Miſchungen 1 + 3 und 1 + 5.

Der Vergleich der Zugfeſtigkeiten ergiebt, daß im allgemeinen alle Sande durch ſtärkere Sandbeimiſchung zum Mörtel (1 + 5) in ihrer Zugfeſtigkeit verhältnißmäßig ſtärker beeinflußt werden. Eine auffallende Abweichung zeigt nur der amerikaniſche Sand (10). Aus dem Vergleich der Druckfeſtigkeiten iſt erſichtlich, daß die Sande, welche hohe Druckfeſtigkeiten liefern, nämlich 2, 3, 7, 9, durch die größere Menge des Sandes (1 + 5) auch ſtärker in ihrer Druckfeſtigkeit beeinflußt werden, während die Sande mit an ſich niedriger Druckfeſtigkeit 4, 8, 6, 10 ſich in der Miſchung 1 + 5 ähnlich wie in Miſchung 1 + 3 verhalten.

Wie bereits oben erwähnt, zeigen die ſcharfkantigen Quarzſande 10, 8 und 4 hohe Zugfeſtigkeit und niedere Druckfeſtigkeit.

Die gemiſchtkörnigen Sande 5 und 6 ergeben niedere Zugfeſtigkeit und niedere Druckfeſtigkeit. Der Rheinſand (2) ergiebt etwas höhere Zug- und Druckfeſtigkeit, als der Freien-

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY 143 ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

walder Normalsand, viel höhere Ergebnisse aber liefert in beiden Festigkeiten der österreichische Sand (3) und der französische Sand von Leucate (7).

Der englische Sand (9) ist dem deutschen nur in der Druckfestigkeit überlegen.

Alle diese Schlüsse können indessen, wie schon eingangs erwähnt, nur vorläufige sein, denn es ist nicht zulässig aus dem Verhalten der Sande gegen einen einzigen Cement endgültige Verhältnißzahlen abzuleiten. Das muß weiteren vergleichenden Versuchen vorbehalten werden, an denen sich vielleicht auch die Nachbarländer betheiligen werden, falls es nicht gelingen sollte, Einigung über einen internationalen Normalsand zu erzielen.

---

3. Die Schäfferschen Papierversuche.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Die Einführung der Surrogate in die Papierindustrie datirt bekanntlich erst einige Jahrzehnte zurück, nachdem der stetig wachsende Papierverbrauch die Einführung neuer Materialien nothwendig gemacht hatte. Daß einmal Zeiten kommen würden, in denen die Lumpen zur Herstellung von Papier nicht mehr ausreichen, ist bereits im vergangenen Jahrhundert vorausgesehen und ausgesprochen worden. So haben Seba, Réaumur, Gleditsch, Guetard, Schäffer und Andere schon vor mehr als hundert Jahren verschiedene neue Materialien zur Herstellung von Papieren vorgeschlagen. Am eingehendsten hat sich jedoch der letzterwähnte Geistliche Schäffer in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts mit der Frage beschäftigt und unter Herstellung sehr zahlreicher Muster seine Erfahrungen und Anschauungen in dem unten angegebenen Werk niedergelegt[1]). Dieses Werk ist z. Z. eine große Seltenheit geworden und durch den Buchhandel nur noch schwer zu beschaffen. Durch Zufall ist die Versuchsanstalt in den Besitz einer deutschen und einer holländischen Ausgabe gelangt, und hat die Gelegenheit benutzt, um die gesammten Muster, welche Schäffer hergestellt hat, unter denen sich auch neben Papieren einige Strick- und Gewebemuster befinden, einer mikroskopischen Untersuchung zu unterziehen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen später mitgetheilt werden, zuvor mag auf eine Reihe von Mittheilungen und Betrachtungen, die Schäffer in seinem Werk über die Herstellung der Proben giebt, näher eingegangen werden. Es erscheint dies zur Beurtheilung der ganzen Versuche und der Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen um so zweckmäßiger, als nur wenige Leser Gelegenheit haben werden, das Originalwerk Schäffers zu lesen.[2])

In der Vorrede theilt Schäffer mit, daß die Exemplare der ersten Auflage seiner Papierversuche ganz vergriffen sind, und daß er sich wegen der starken fortdauernden Nachfrage nach seinem Werke entschlossen habe, eine zweite Auflage herauszugeben. In der Hauptsache stimme die zweite Auflage mit der ersten überein; er habe die Muster für die zweite Auflage indessen sorgfältiger gearbeitet, so daß sie ein mehr papierähnliches Aussehen erhalten haben als die ersten Muster.

---

[1]) Jac. Christ. Schäffers Versuche und Muster, theils ohne alle Lumpen, theils mit geringem Zusatze derselben, Papier zu machen. Regensburg 1765—72.

[2]) Die nachfolgenden Auszüge ꝛc. sind der zweiten Auflage des Schäfferschen Werkes entnommen.

Gleich nach dem Erscheinen der ersten Auflage des Schäfferschen Werkes wurden von zwei Seiten Einwendungen gegen seine Papierversuche erhoben. Das erste Mal geschah dies in einem kleinen, im Jahre 1766 bei Breitkopf & Sohn in Leipzig anonym erschienenen Werkchen „Unterricht eines Papiermachers an seine Söhne, diese Kunst betreffend. Nebst Anhang, in welchem die neuen Papierproben des Herrn D. Schäffers zu Regensburg kunstmäßig beurtheilt werden."

Dieses Buch ist außerordentlich selten geworden und alle Bemühungen der Versuchsanstalt, es in Bibliotheken oder im Buchhandel ausfindig zu machen, sind vergeblich gewesen. Ein Nachkomme des Verfassers des Werkchens, Herr Louis Keferstein in Berlin, hatte die Freundlichkeit, der Versuchsanstalt das eine noch in seinen Händen befindliche Exemplar auf kurze Zeit zur Verfügung zu stellen, und aus diesem wurden die Einwendungen gegen die Schäfferschen Versuche entnommen.

Nachstehend sind sie wiedergegeben:

Gedanken von den neuen Papierproben des Herrn D. Schäffers zu Regensburg.

„Nichts ist heutiges Tages gemeiner, als das Papier. Die Canzeleyen der Regenten und die Buden der geringsten Mäkler sind bis zum Ueberfluß damit angefüllt; sollte man wohl glauben, daß bey diesen Umständen sich noch jemand nur träumen lassen würde, dasselbe noch mehr zu vervielfältigen? Da durch die große Erschütterung, so Deutschland durch einen fast siebenjährigen allgemeinen Krieg erlitten, auch das Papier einiger Maßen in Werth gekommen, so suchet man diesem Uebel durch seichte Versuche auf einmal abzuhelfen. Man hat von Regensburg aus durch die Bemühung eines sehr gelehrten Mannes, wohl 20 Sorten ausfliegen lassen, welche aber nichts weniger, als dieses bewirken werden. Der Herr Verfasser und Erfinder dieser Sorten bezeuget selbst, daß er von seiner Pappelwolle nicht einmal so viel, als in ein Stampfloch gehöret, in die dasige Papiermühle habe schicken können. Und Gott Lob! die Wespennester sind hier zu Lande auch ziemlich selten. Das Papier aber, so von Säge- und Hobelspähnen verfertiget werden wird, kömmt eben so wenig in Consideration, als das von Nesseln, Hopfen, Ranken und Weinreben. Zum Unglück ist auch hier zu Lande das Holz so rar, daß man die Weiden und Espen lieber zu andern Gebrauch widmet, als Papier daraus zu machen.

Der Herr de la Lande führt in seinem Werke von der Kunst des Papiermachens im 150. § noch sehr viel Pflanzen an, woraus man Papier machen könnte. Mir deucht auch, daß diese Pflanzen bey der großen Papiermühle von 30 Bütten zu Montargis, sehr nöthig gewesen wären, um dieselben in beständiger Bewegung zu erhalten, wenn dieselben nur einiger Maßen zu gebrauchen stünden.

Was gewinnt nun die Welt, wenn sie weiß, daß sich auch dürre Blätter zermalmen und in eine Art untauglicher Maculatur verwandeln lassen? Nichts. Aber daß die Spreu vom Hanfe fein holländisch Postpapier geben sollte, daß ist wider alle Vernunft: so wenig die Schweden aus Haber Weizen und ein Adept aus Eisen Gold machen kann, eben so wenig ist auch dieß möglich.

Wir werden also wohl beym Alten bleiben, und bloß aus Lumpen Papier verfertigen; denn so lange Menschen auf dem deutschen Boden sind, so gebrauchen dieselben Kleider; man rechnet, daß jeder Mensch jährlich zwey Hemden zerreißt; nach gerade kommen dieselben doch in die Papiermühle, ohne daß ich mich ängstlich darum zu bemühen nöthig habe. Sind dieselben in meiner Gewalt, so vertraue ich sie meinen Maschinen an; ich lasse so viele Arten

Papier daraus machen, als verlangt wird; ich richte mich nach meinen Kaufleuten und nach meinen einkommenden Vorräthen und vertraue übrigens der Vorsehung Gottes.

Da ich eben des Krieges erwähnet, so unser Vaterland so sehr gedrücket: so finde für nöthig, noch ein Wort von dem Einfluß zu sagen, so derselbe auf das Papier gehabt. Man würde vielleicht gar nicht auf die Vervielfältigungen des Papiers gedacht haben, wenn diese Epoche nicht gekommen wäre.

Dieser Krieg hat, wenn man den Geschichtschreibern glauben darf, Millionen Menschen weggerafft; was hätten diese nicht für Kleider zerrissen, wenn sie länger gelebt hätten? Es ist wahr, sie waren bekleidet bis an ihr Ende; aber wer sammelt in den Lagern und bey marschirenden Völkern Lumpen?

Viele tausend Centner sind hierdurch verloren gegangen; und was haben die Lazarethe nicht weggenommen? Des Papiers zu Patronen nicht einmal zu erwähnen.

Hat nicht die Welt ein Menge neuer Schriftsteller in dieser Zeit hervor gebracht und etliche hundert Pressen beschäftiget? Mithin ist diese Klage über Mangel an Papier wirklich übertrieben. Schenkt uns Gott und die Großen dieser Welt nur 10 Jahr Frieden: so wird vielleicht kein Käufer mehr seyn, wenigstens zu dem von Baumblättern.

Vor länger als 40 Jahren verfertigte schon ein lustiger Kopf am Harze eine Art Maculatur von Moos und Pferdeäpfeln: aber seine neue Invention zog ihm den Untergang zu; denn kein Kaufmann wollte künftig mehr von diesen neuen Papierarten kaufen. Hätte aber dieser Mann die Fama von Regensburg vor sich gehabt: so wäre er vielleicht glücklicher gewesen. Und so lange ich auf das neue Regensburgische Papier kein wichtiges und nützliches Werk, sowohl gedruckt, als geschrieben erblicke: ebenso lange wird mein Mißtrauen gegen diese Erfindung dauren.

Uebrigens bin ich weit entfernt, etwas gegen die Versuche dieses Naturforschers, ferner einzuwenden; denn ich möchte sonst ebenso ungeistlich abgefertiget werden, als der Verfasser eines gewissen Schreibens aus der Oberlaußnitz, welcher meiner geringen Beurtheilung nach, unsere Kunst in ihrem ganzen Umfange ungleich gründlicher, als der Herr D. Schäffer verstehet.

Inzwischen erachte es doch für nöthig, hiermit meine Freunde öffentlich zu bitten, nicht zu glauben, daß ich, ohnerachtet ich ein Papiermacher bin, die Gesinnung der englischen Peruquenmacher hege, welche wollen, daß Niemand seine eigenen Haare mit gutem Gewissen tragen solle. Doch dieser Einfall ist vielleicht nicht passend genug, um einen jeden zu überzeugen, daß ich, oder meine Mitbrüder gar nicht vom Handwerksneid getrieben, unseren Beyfall den obgedachten Versuchen nicht geben können."

Diese Anfeindung der Schäfferschen Bestrebungen ist so recht geeignet, den weit ausschauenden Blick des gelehrten Mannes in das rechte Licht zu setzen.

Die zweite Anfeindung geschah von einem Unbekannten in Nr. 5 des „Höfer Intelligenzblattes" des Jahres 1770. Leider sind aber alle Bemühungen der Versuchsanstalt, dieses Blatt ausfindig zu machen, vergeblich gewesen. Weder in der Königlichen Bibliothek zu Berlin, noch in den Bibliotheken zu München, Hof, noch beim Magistrat der Stadt Hof war ein Exemplar dieses Blattes aufzutreiben. Es ist dies um so bedauerlicher, als der ungenannte Verfasser des zweiten Angriffes auf Schäffer, wie aus der später folgenden Schäfferschen

Erwiderung hervorgeht, sich nicht nur vom allgemeinen Standpunkt aus mit der Sache befaßt, sondern mehr mit den Versuchen und den benützten Rohstoffen selbst.[1])

Die Antwort, welche Schäffer auf diese beiden Aeußerungen zu seinen Versuchen ertheilt hat, befindet sich in der zweiten Auflage seiner Werke und lautet folgendermaßen:

„Bey dem allgemeinen Beyfalle, den diese meine Papierversuche und Muster, über meine eigene Erwartung, bis heute gefunden haben, ist ihnen doch auch, soviel mir wissend ist, zweymal öffentlich widersprochen worden.

Das einemal ist es in einer Schrift geschehen, so zu Halle in Sachsen, gedruckt worden. Ein Papiermacher giebt in derselben denen, die diese Profession lernen wollen, Unterricht; und giesset bey dieser Gelegenheit über meine Papierversuche Gift und Galle aus. Wer Gelegenheit und Lust hat, mag diese Schrift selbst lesen, und alsdenn urtheilen, ob nicht meine Papierversuche durch dieselbe mehr gewonnen, als verlohren, haben.

Das zweytemal hat erst im abgewichenen Jahre ein Ungenannter in dem Bayreuthischen meine Papierversuche durch eine von ihm angegebene Entdeckung um allen Werth und Verdienst zu bringen gesuchet.

Er eröffnete dem Publico solche seine, von ihm sogenannte wichtige, Entdeckung in dem 5ten Stück des Höfer Intelligenzblattes. Da ich dieses Blatt nicht mehr bey Handen habe, so mag man aus der Antwort, die ich in dem 7ten Stück darauf zu ertheilen vor nöthig erachtet habe, von der vorgegebenen Wahrheit und Wichtigkeit der Entdeckung selbst urtheilen. Hier ist meine Antwort.

Mein Herr!

„Ich danke Ihnen vor das mir zugesande Höfer Intelligenzblatt Nr. 5, und versichere Sie, daß ich das p. 71 eingeruckte Avertissement, meine Papierversuche betreffend, mit einem wahren und herzlichen Mitleiden gegen den sich unterschriebenen Oh. gelesen habe. Wenn dieser Ungenannte dem Publico keine interessantere Nachrichten ertheilen kan, als daß ihn Papiermachersgesellen zum Besten gehabt und Unwahrheiten aufgebürdet haben, so möchte das Publicum wohl dergleichen aufs künftige verbitten.

Die ganze Nachricht saget und entscheidet weiter nichts, als daß der gute Oh. keinen meiner im Drucke erschienenen 5 Bände der Pappierversuche gesehen noch gelesen hat. Die wahre Geschichte des anfänglich gebrauchten Pappiermacher-Gesellens, Namens Heinnich Barth, aus Sachsen gebürtig, habe ich Band I. S. 10 selbst erzehlet. Und der vorgebliche von den Pappiermachersgesellen gespielte Betrug, mir unwissend Lumpen hinzugethan zu haben, ist zum Auslachen; indem ich bei jeder Papierart selbst genau angezeiget, ob und wieviel Lumpen jedesmal zugesetzet worden sind.

Und was dünket dem lieben Oh. davon, da ich ihm melden kann, wie ich im vergangenen Jahre von dem hiesigen Pappiermachermeister Meckenhäuser selbst nicht nur die Pappiermuster, zu einer zwoten Auflage, und zu einer holländischen Uebersetzung in Amsterdam, und französischen in Lyon, sondern auch 10 neue Pappierarten, aus Rohrstängeln, Bohnenblättern, wilden Kastanienblättern, Tulpenblättern, Lindenblättern, Nußbaumblättern, u. s. w. auf hiesig gemeiner Stadt Papiermühle habe verfertigen lassen.

„Hierinn werden doch jene Pappiermachers-Gesellen mich, um mir die Freude nicht zu versalzen, sondern zu gönnen, nicht betrogen haben? Ich erbiete mich, dem

[1]) Sollte die vorliegende Abhandlung vielleicht von Jemand gelesen werden, der Kenntniß von dem Vorhandensein der betreffenden Nummer des „Höfer Intelligenzblattes" hat, so würde ihm die Versuchsanstalt für eine Benachrichtigung zu besonderem Dank verpflichtet sein.

Oh. diesen neuen Band wiederholter Versuche auf ordentlichen Pappiermühlen aus allerhand Pflanzen und Holzarten Pappier zu machen, zu seiner Beschämung, besseren Belehrung und Verhütung, das Publicum mit elenden und unwahren Pappiermachers-Gesellen Geschwätze, nie wieder zu belästigen, sobald umsonst und unentgeltlich zu übersenden, als er mir seinen ganzen Namen und Wohnort melden wird.

Regensburg, den 8. Febr. 1771.

Wenn werden wir die Zeit erleben, da Menschen sich schämen, Warheiten und Wirklichkeiten zu widersprechen, blos darum, damit sie aus den unläutersten Absichten widersprochen haben,

Regensburg, den 2. Jenner 1772."

Ueber die Veranlassung zu seinen Papierversuchen giebt Schäffer interessante Aufschlüsse und auch diese mögen im Nachstehenden wörtlich wiedergegeben werden.

„Von der Veranlassung zu den Papierversuchen."

„Je mehr der Gebrauch des Papieres in unsern Tagen zu einer allgemein nöthigen Sache geworden ist; je mehr lieget der Wirthschaft und dem gemeinen Wesen daran, daß sich an solchem aller Orten und zu allen Zeiten ein hinlänglicher Vorrath finden, mithin allem sich äußernden und einreißenden Mangel desselben in Zeiten und nach allen Kräften möge vorgebeuget und abgeholfen werden.

Vieleicht ist seit einem Jahrhunderte der Mangel des Papieres in Deutschland, ja fast in ganz Europa, nicht so allgemein verspüret und darüber geklaget worden, als in und seit den Jahren des letztern Krieges. Und ob ich gleich, aus guten Gründen, großes Bedenken nehmen muß, diesen Krieg ganz allein, wie es von einigen geschiehet, als die Ursache dieses Papiermangels anzugeben; so muß ich doch soviel zugeben, daß er allerdings das Seine und ein Großes dazu mit beygetragen habe.

Ich habe mir einige Jahre her viel Mühe gegeben, auf den rechten und wahren Grund dieses Papiermangels zu kommen. Allein, ich muß offenherzig bekennen, daß ich bey allem Nachfragen, Beobachtungen und Anmerkungen, so ich darüber gehalten und gemacht, noch sehr wenig den Zweck erreichet habe. Alles, was ich als allgemein und beständig bemerket habe, ist dieses, daß es an dem fehlet, woraus bey uns gewöhnlicher Weise Papier gemachet wird.

Es ist nämlich bekannt, daß das Papier, welches in Europa, aller Wahrscheinlichkeit nach, seit dem zwölften Jahrhundert, im Gebrauche ist, bloß aus altem abgenutzten und abgelegten leinenen Zeuge, welche Hadern oder Lumpen heißen, gemacht wird.

Und eben der Mangel und allgemeine Abgang dieser Lumpen ist es, worüber seit so vielen Jahren bis heute aller Orten Klage geführet wird. Was aber das Sonderbarste hiebey zu seyn scheinet, so ist es nicht etwan nur eine oder die andere Art von Papiere oder Papierzeuge, daran sich so großer Mangel und Abgang äußert; sondern es erstrecket sich solcher über alle, auch die geringsten und schlechtesten, Sorten vom Papiere. Ja, nach den Aeußerungen gewisser Kaufleute ist am schlechten Papiere, als Packpapiere, Rogelpapiere, Papendeckeln, u. dergl. anitzo fast noch ein größerer Mangel, als am Schreibpapiere.

Diese allgemeine Papiernoth, und der, für das gemeine Wesen, für die Landeseinkünfte, Wissenschaften und Handlung, daraus entstehende nicht geringe Schaden und Nachtheil, brachte mir vor einigen Jahren dasjenige in Erinnerung, was verschiedene gelehrte Männer, als ein Seba, Reaumur, Guetard, Gleditsch u. a. m., in Ansehung des Papierzeuges, vor

Gedanken gehabt, und vor diesfalsige Vorschläge gethan haben. Sie haben geglaubet, und mit vieler Wahrscheinlichkeit dargethan:

> Daß man beym Papiermachen keineswegs nur allein und nothwendig an die Lumpen, oder leinenes Zeug, gebunden sey, sondern, daß sich eben so wohl und eben so gut aus einer Menge anderer Sachen, als aus den bishero gewöhnlichen Lumpen, Papier machen lassen müsse. Denn, da die Lumpen, bekanntermaßen, ihren ersten Ursprung vom Hanfe oder Flachse haben, diese aber zu dem Pflanzenreiche gehören; so haben sie hieraus geschlossen und zu erweisen gesuchet, daß alles dasjenige, was wie Hanf und Flachs, aus biegsamen, zarten, leicht von einander abzusondernden, durch Wasser in einen Brey zu verwandelnden, und zuletzt nach der Austrockung eine gewisse Steife und Vestigkeit behaltenden, Fäßergen bestehe, auch zum Papiere taugen müsse.

Je weniger sich nun gegen die Meynung und Aeußerung erstgedachter Männer mit Grunde etwas einwenden lässet; und je gewisser es ist, daß es in dem Pflanzenreiche, außer Flachs und Hanf, eine sehr große Menge anderer Pflanzen, Stauden und Bäume giebet, welche die bedingte Eigenschaften zum Papiermachen haben; je schwerer ist es zu begreifen, warum jene Vorschläge nicht zur gemeinnützigen Wirklichkeit gediehen sind, und warum die diesfalsigen Versuche, nach dem, obgleich schwachen, Vorgange eines Guetardes, und dem Anfange eines Gleditsches, nicht längstens häufig und zulänglich genug angestellet worden sind.

Diese allerdings zu bedaurende Vernachlässigung der Versuche, ermunterte mich demnach vor drey Jahren, an dieselben mit allem Eifer Hand zu legen. Und es schien, als ob mich, da ich eben mit diesen Gedanken umgieng, die Natur selbst hierzu auffordern wollte. Ein Ohngefähr brachte mich im Spaziergehen an einen Ort ohnweit unserer Stadt, wo auf der einen Seite der Boden von der Saamenwolle der Schwarzpappel oder Alber, und auf der anderen Seite die Wiesen von der Saamenwolle des Wollengrases, ganz weiß aussahen. Ich erblickte dieses nicht so bald, als mir der Gedanke beygieng:

> sollte sich aus einer von diesen beyden Wollenarten, und vieleicht aus einer jeden, Papier machen lassen?

Ich säumte nicht, mit beyden sogleich die Versuche zu machen. Ich ließ von jeder Saamenwolle zusammenlesen, das Gesammlete nach Hause tragen, und besprach mich darüber mit dem hiesigen Papiermacher Meckenhäuser, einem Manne von ungemein guter und williger Gemüthsart. Und wie sehr vergnügte es mich, da ich von ihm bey Untersuchung dieser Saamenwollen sogleich die Erklärung erhielte: daß, wenn auch, wie es schiene, die Graswolle nicht zum Papier taugen mögte, es dennoch, allem Ansehen nach, desto gewisser und besser mit der Pappelwolle angehen werde und müsse.

Allein, wie bald wurde meine Freude über diese Erklärung des Papiermachers unterbrochen, indem derselbe aufs allerwenigste fünf und zwanzig Pfund von jeder Saamenwolle verlangete, um damit den Versuch zu machen; indem sich mit wenigerm in seiner Stampfe nichts anfangen lasse! Da mir nun, soviel zu schaffen, vor diesesmal unmöglich war; so gab ich so lang gute Worte, bis mir von ihm versprochen wurde, es mit der Pappelwolle durch Stampfen in einem großen Mörsel zu versuchen. Mit der Graswolle aber konnte, wegen des gar zu geringen Vorrathes, auch selbst dieses nicht vorgenommen werden.

Nach einigen Tagen erhielte ich wirklich einige Muster von dem neuen Papiere aus Pappelwolle. Es war allerdings, an sich betrachtet, Papier, und zwar so, daß sich darauf

drucken und zur Noth auch schreiben ließ; allein es war bey alle dem zu lumpig, hatte keine rechte Steife und Vestigkeit, und war überdem noch voller braunen Knötgen, als den Ueberbleibseln der zerstoßenen Saamenkörnergen. Inzwischen waren doch diese, zum erstenmale und vom Mörsel her, noch so unvollkommen ausgefallene Muster, davon der kläreste und augenscheinlichste Beweis, daß die Saamenwolle der Schwarzpappel, oder Alber, zum Papiermachen tauge; und das um so mehr, da mir der Papiermacher versicherte, daß, wenn ein zureichender Vorrath dieser Saamenwolle, statt im Mörsel, in der ordentlichen Papierstampfe könne gestoßen, und so weiters gehörig behandelt und zubereitet werden, man daraus ganz zuverlässig ein sehr brauchbares Papier erhalten müsse.

Und hiebey mußte ich es dieses Jahr bewenden lassen; meine anfänglichen Gedanken aber, aus diesem gesammleten Vorrathe sogleich ein gutes Papier zu erhalten, vor diesmalen gänzlich aufgeben. Allein, zum Glücke brachte mich dieser Misgrif auf einen anderen Gedanken.

> Sollten sich, fiel mir bey, diese Wollenarten nicht eben so gut bearbeiten, und folglich eben dazu gebrauchen lassen, wie und wozu sich die ordentliche Baumwolle behandeln und nutzen lässet?

Ich ruhete keinen Augenblick, sogleich die Probe diesfalls machen zu lassen. Ich ließ jede Sorte, und zwar die Pappelwolle mit einem geringen Zusatze von ordentlicher Baumwolle, und die Graswolle mit einem geringen Zusatz gezupfter Seide (indem diese Graswolle, als seidenartig, die Baumwolle auf keine Weise annahm,) kartätschen und krämpeln. Und da ich aus beiden tüchtige Fladen erhielte; so ließ ich alsobald davon spinnen, stricken, wirken, Seidenwat machen u. s. w.; und es gieng alles nach Wunsche und Verlangen. Ich konnte nunmehro von der Pappelwolle ordentlich gesponnene Stränge, verschiedene gestrickte Sachen, Parget, Pomesin, Leinwand u. s. w. vorzeigen. Und von der Graswolle war ich ebenfalls im Stande, gesponnene Stränge, gestrickte Sachen, und verschiedene gewirkte Muster aufzuweisen. Wobei das Sonderbarste noch dieses war, daß die Sachen von der Graswolle sowohl dem Glanze und Gesichte, als dem Gefühle, und muthmaßlich auch dem künftigen Tragen nach, vollkommen seidenartig befunden wurden."

Ueber seine Versuche mit Pappelwolle und Graswolle hat Schäffer dann eine besondere Abhandlung herausgegeben, welche in den Abhandlungen der Churfürstlichen Akademie zu München im Jahre 1771 veröffentlicht wurde.

Ueber den Nutzen seiner Papierversuche äußert sich Schäffer im 3. Kapitel der 2. Auflage folgendermaßen:

„Von der Absicht und dem Nutzen der Papierversuche."

„Da, nach einer allgemeinen Erfahrung, alles Neue, Ungewöhnliche, und von dem alten Herkommen Abweichende, viele, und insgemein mehr böse, als gute, Urtheile über sich ergehen lassen muß; so werden sich meine Papierversuche gewiß keines anderen, noch besseren, Schicksales, und nichts wenigers, als einer Ausnahme, zu versprechen haben. Und vieleicht hätte diese einzige Betrachtung mich, aller übrigen Aufforderungen und Anreitzungen ohnerachtet, von öffentlicher Bekanntmachung derselben, abhalten sollen? Allein, zum Glücke, sind mir gewisse Urtheile, und die Machtsprüche gewisser Personen, von je her die allergleichgültigste Sache; ja, ich finde in der Geschichte der Künste und Wissenschaften Gründe und Beyspiele, daß neue Entdeckungen und Versuche, wenn man sich nur nicht hat abschröcken noch ermüden lassen, sondern dabey recht zu nehmen gewußt hat, durch anfänglich ungleiche Urtheile am Ende allezeit mehr gewonnen, als verloren und eingebüßet haben.

Damit jedoch, so viel an mir ist, möglichst verhindert werden möge, daß von diesen meinen Papierversuchen, weder ein übereiltes ungleiches, noch auch ein zu frühzeitig allzu vortheilhaftes, Urtheil gefället werde; so habe ich es der Sache gemäß erachtet, selbst anzuzeigen, welches der Zweck desselben sey, und in wieferne man sich von denselben, mit Zuverlässigkeit Nutzen, einen Einfluß in das gemeine Beste, versprechen könne."

„Alles, was ich bishero von der Erlernung und Treibung der Künste ohne Grundsätze, überhaupt angeführet; das gilt nun insonderheit auch von der Kunst Papier zu machen. Auch diese Kunst wird so viel ich bemerket habe, blos aus Erfahrung, ohne Grundsätze, folglich handwerksmäßig getrieben, und fortgepflanzet. Weis nun also, zum Beyspiele, und daß ich näher zu meinem Zwecke komme, Meister, Geselle und Junge es nie anders, haben sie es nie anders gesehen und gelernet, und vielleicht auch nie anders gehöret, als daß das Papier aus altem leinenen Zeuge, oder Lumpen, gemacht werde und werden müsse; so glauben sie es auch als eine ewige Warheit und unwandelbares Gesetz der Nothwendigkeit, daß nichts Anders, als eben Lumpen, zum Papiere tauglich seyn. Man versuche es, und sage manchem Papiermacher, daß sich auch aus Holze, aus Pflanzen u. s. w. Papier machen lasse; wie wenig wird man Glauben finden. Man zeige ihm aus der Geschichte und aus Beschreibungen, daß es Völker gegeben habe und noch gebe, die ohne Lumpen aus Holze, Bäumen und Pflanzen Papier gemacht haben und noch machen; er wird meynen, man wolle ihn zum besten haben, und wenn er höflich ist, wird er höchstens mit Lächeln und Kopfschütteln die Antwort schuldig bleiben. Man ersuche ihn, es doch im Kleinen zu versuchen; es wird gewis große Mühe kosten, ihn dazu zu bringen. Und wenn er es endlich auch thut, alles aber nicht sogleich nach Wunsch gelinget; so wird er geschwind nachlassen, und bei dem Alten bleiben. Es wird sich in der Erfahrung zeigen, daß mancher Papiermacher lieber fort und fort über den Mangel der Lumpen klaget, seine Papiermühle lieber feyren lässet, und sich selbst schadet; als daß er entweder selbst darauf denken, oder dem guten Rathe eines Gelehrten und Naturkündigers Folge leisten will, aus etwas anderm, als Lumpen, Papier zu machen.

Auch hier ist also nichts zu thun, als daß, wenn anders, bey allem Abgange der Lumpen, dennoch an Papier kein Mangel seyn soll, auf die nämliche Weise, wie oben überhaupt gesaget worden ist, durch einen Naturkündiger, oder gelehrten Mann, der Sache müsse gerathen werden. Dieser muß, nicht etwan blos mit Worten, nach gewissen Grundsätzen und Schlüssen, sondern auch durch selbst gemachte Versuche, folglich aus eigener Erfahrung, durch sinnliche Zeugnisse und wirkliche Muster, die Möglichkeit, ohne Lumpen Papier machen zu können, darthun und erweisen. Ein solches Blatt Papier, ohne Lumpen, von dem Gelehrten verfertiget, wird bey einem Papiermacher tausendmal mehr Eindruck machen, Glauben finden, und zur Nachahmung reitzen, als zehenmal so viele bloße Schlüsse, Sätze und Versicherungen. Ist aber ein Papiermacher erst durch den Augenschein und handgreiflich von der Wahrheit und Thunlichkeit, ohne Lumpen Papier zu machen überzeuget; so darf man ihn alsdann getrost sich selbst überlassen. Sein eigener Nutze und Vortheil wird ihn schon antreiben, davon, wenn es auch anfänglich in der Stille geschehen sollte, guten Gebrauch zu machen, und darinnen immer weiter fort zu gehen.

Und eben dieses ist denn auch meine dermalige einzige Absicht, so bey der Bekanntmachung meiner Papierversuche, und deren beygefügten Papiermustern, obwaltet. Ich selbst, wie es sich leicht muthmaßen lässet, gedenke keinen eigentlichen Papiermacher abzugeben; und mein Sinn ist um so weniger eine eigene und neue Papierfabrique anzulegen, als ich nicht einmal Willens bin, mit diesen Versuchen länger fortzufahren, als es eigentlichen Papier-

machern zur Ueberzeugung und zur Erleichterung in der Nachahmung, der Papiermacherkunst selbst aber zur mehrern Förderung und Ausbreitung, dienen kann. Ich suche damit vor itzo nichts anderes, als aus eigener Erfahrung, in selbst gemachten Versuchen, mit vor Augen liegenden Mustern, mit einem Worte, die Möglichkeit ohne Lumpen Papier zu machen, mit der Wirklichkeit zu erweisen. Meine ganz einfachen, ungekünstelten und eilfertigen Versuche; meine dermaligen, auf einer kleinen Maschine, nach kaum abgesehenen Handgriffen, in der kürzesten Zeit und mit der wenigsten Mühe, verfertigten, und folglich nicht anders, als noch sehr rohen und unvollkommenen ausgefallenen Muster, sollen jedem Papiermacher auf den Gedanken und Schluß bringen:

> was wird nicht erst mir, als einem geübten und eigentlichen Papiermacher, auf dem größern Werke, bey Beobachtung aller Kunstgriffe, in gehöriger Zeit und mit erforderlichem Fleiße, in Ansehung dieser neuen Art Papier ohne Lumpen zu machen, auszurichten und zu bewerkstelligen möglich werden?

Und so bald ich sehen oder hören werde, daß auch nur ein oder der andere Papiermacher wirklich mir nachzuarbeiten anfangen sollte; so bald werde ich die weiteren Versuche aufgeben, und die Feder niederlegen, weil ich meine Absicht alsdenn werde erreichet haben.

Und diese meine hiemit entdeckte Absicht bestimmet denn auch von selbst den eigentlichen und wahren Nutzen, der zwar schon itzo meinen Versuchen und deren Bekanntmachung nicht wird können abgesprochen werden, der aber noch mehr und eigentlich aufs künftige zu hoffen und zu erwarten seyn mögte.

Es ist wahr, ich kann mir leicht vorstellen, daß ein Mancher wird geglaubet haben, in diesem ersten Bande sogleich lauter Muster eines schönen, weißen und guten Schreibpapiers zu finden; und welcher daher, bey dem Anblick des Gegentheils, denken und sagen wird: wo ist der Nutzen? Allein, brauchet man denn im gemeinen Leben kein anders, als nur weißes, glattes und zartes Papier? Fehlet es denn nicht in unsern Tagen auch an schwarzem Papiere, an Pack- und Rogelpapiere, an solchem Papiere, dergleichen Kaufleuten, Schneidern, Haubenmacherinnen, und einer Menge anderer Handwerksleute, eben so nothwendig und unentbehrlich ist, als den Gelehrten, Buchdruckern, und mehr Andern, das weiße Papier immer seyn kann und mag.

Ueberdies, ist denn Rom in einem Tage gebauet? Kann denn einer nicht viel leichter auf einem Wege fortkommen, größere, sichere und geschwindere Schritte thun, wenn er das Eis und die Bahn schon gebrochen findet, als es demjenigen möglich war, der das Eis und die Bahn erst brechen mußte? Ist es denn bey manchen Künsten nicht so gar zu einem Sprüchworte geworden: daß das Schwereste der Arbeit alsdenn vorbey, und solche mehr als halb fertig ist, wenn es nur noch auf das Ausarbeiten und Poliren ankommt? Wie ähnlich mögen doch wohl die ersten Buchstaben und die ersten Werke der Buchdruckerkunst den heutigen gesehen haben? Und wer kann sich einbilden, daß das erste Papier aus Lumpen alsobald ein so gutes, reines, glattes und weißes Papier gewesen sey, als es zum Theile heutigen Tages ist? Ich bin sehr geneigt zu glauben, daß jene ersten Muster und Proben des Lumpenpapieres ungleich schlechter und rauher gewesen sein müssen, als diese meine ersten Muster in gegenwärtigem Bande!

Man habe also Geduld, und verlange vor der Hand nicht mehrere Schönheit und Vollkommenheit, folglich auch größern Nutzen von meinen Versuchen, als meiner dermaligen Absicht bey denselben gemäß ist. Nutzen genug zum Anfange und vor heute:

> hier ist es erwiesen, hier liegt es vor Augen, nicht nur Lumpen, sondern ein Menge anderer Sachen, taugen zum Papiermachen!

Wessen eigentliche Sache es ist, wem hauptsächlich daran lieget, wen es zunächst angehet, wer sein Brot und seine Nahrung davon hat; der gehe weiter, und mache es besser.

Jedoch, ich muß noch einem Einwurfe begegnen. Zu den meisten Versuchen und Mustern dieses Bandes sind Sachen gebrauchet worden, die entweder wie Wespennester, und auch wohl Pappelwolle, allezeit sehr sparsam und nie in gehöriger Menge aufgetrieben werden können; oder die, wie die Holzarten, in unsern Tagen nicht einmal zum Brennen vorräthig genug seyn. Scheint es also nicht, sehr übel ausgedacht zu seyn, aus dergleichen mit Nutzen Papier machen wollen?

Ich gestehe es selbst, dieser Einwurf scheinet von keinem geringen Gewichte zu seyn. Denn es ist allerdings alsdenn nur ein Papier ohne Lumpen gemeinnützig, wenn es aus Sachen gemacht werden kann, welche eines Theils überall in Menge zu haben sind, und andern Theils mit leichten Kosten gesammlet und zum Papiere verarbeitet werden können. Scheinet es also nicht, daß, da den meisten meiner gegenwärtigen Papierversuche und Muster offenbar bald die eine, bald die andere, bald beyde Eigenschaften zugleich, fehlen, dieselbe höchstens eine Curiosität seyn, und in die Cabineter gehören, nie aber von ihnen einen Nutzen vor das gemeine Beste zu hoffen, und folglich die ganze Entdeckung ein großes Nichts sey?

Allein, enthält denn dieser Band schon alles, was in der Natur zum Papiermachen tauget? Ist nicht das meiste noch zurücke, und das gegenwärtige nur der kleinste Anfang? Ist es denn ferner ganz gewiß, daß wenn eine Sache an dem und jenem Orte sich sparsam findet, daß es aller Orten so ist? Wenn, z. B. sich aus Moos ein gewisses Papier machen lässet, wird wohl im Thüringer- und Böhmerwalde, auf dem Harze, auf dem Spessert u. s. f. an diesem Papierzeuge Mangel seyn, und das Sammlen desselben so gar viel Mühe und Kosten brauchen? Ich weiß wohl, daß bei dem aller Orten immer größer werdenden Mangel an Holze, es nöthiger und besser wäre, darauf zu denken, das Holz zu spahren, oder neue Holzungen und Wälder zu schaffen, als daß man gar noch Papier daraus machen will. Allein, wird denn alles, was Holz ist und heisset, oder vom Holze seinen Ursprung hat, auch überall zum Brennen gut gefunden und genutzet? Wie wenig sind z. B. die Pappelbäume oder Albers, und die Weiden oder Fälben, an Orten geachtet, wo an hartem und anderm guten Brennholze genugsamer Vorrath ist; kaum schätzet man sie daselbst des Umhauens und Brennens werth! Wie viele Länder giebt es nicht, wo die Sägespähne zu nichts gebraucht werden, als daß man sie auf den Mist wirft, und verfaulen lässet? Ist es an solchen Orten kein Nutzen, wenn man weis Papier daraus zu machen? Und über alles, wer weis, ob man nicht bei Fortsetzung dieser Versuche nach und nach auch auf andere Sachen, und auf so etwas kommt, das zum Papiere noch tauglicher, vorräthiger und wenig kostbarer ist, als Lumpen, Holz, Moos u. s. w. Alle Dinge müssen einen Anfang haben und unversucht findet selten Glauben und Beyfall!

Gesetzt endlich, daß meine Versuche wirklich das Unglück hätten, ohne allen Nutzen zu seyn und zu bleiben; so würde, meines Erachtens doch auch dieses eine Art des Nutzens seyn, es nun aus der Erfahrung und nach Versuchen gewiß wissen: nichts als Lumpen, und diese nur ganz allein, sind mit Nutzen zum Papiere zu gebrauchen."

Im Anschluß hieran giebt Schäffer noch einige allgemeine Anmerkungen über die von ihm hergestellten Muster.

„Erste Anmerkung.

So einstimmig und zuverlässig die Reisebeschreiber melden, daß man in China und Japan sich beym Papiermachen des Kochens der Pflanzen und Hölzer in Lauge bediene, und

daß dadurch nicht nur die Erweichung, und Verwandelung in einem Brey, befördert, sondern auch dem Papiere selbst eine schöne weiße Farbe gegeben werde; so wenig ist mir dieses bey meinen Versuchen gelungen. Das Kochen in Lauge, hat nach vielen Stunden nicht im geringsten etwas erweichet, wohl aber den anfänglich weißen Hölzern und Pflanzen eine solche gelbe Farbe gegeben, die hernach durch kein Waschen und Stampfen wieder wegzubringen war. Sind die Reisebeschreiber etwan getäuscht worden? Oder ist jene Lauge anders, als die unserige, beschaffen? Oder hat der Fehler nur an mir und meiner Verfahrungsart gelegen?

Zwote Anmerkung.

Wenn Holz und Pflanzen, so zum Papiere gebraucht werden sollen, ehe sie ins Wasser kommen, eine weiße Farbe haben; so verliehren sie diese Weiße nach und nach im Wasser, und werden, je länger sie darinnen liegen, immer grauer. Sie müssen also, wenn sie weißes Papier geben sollen, so frisch und geschwind, als nur möglich, gestampft, geschöpft, aufgehangen und fertig gemacht werden. Dieser Umstand hat mich anfangs ganz stutzig gemacht, indem ich nicht begreifen konnte, warum das Papier von einerley Holze, jedoch zu verschiedenen Zeiten gemacht, nicht auch fort und fort einerley Weiße hatte; sondern daß manches ganz grau aussahe. Ich lernete aber hinterher den Fehler kennen, und einsehen, daß das mehr und weniger lange Liegen im Wasser Schuld daran sey.

Dritte Anmerkung.

Es ist bekannt, daß beim ordentlichen Papiermachen die Lumpen in Kalch geleget werden, und daß sie hierauf nicht nur geschwinder gestampft werden können, sondern auch das Papier davon weißer wird. Allein, ich habe wenig getrauet, dieser Kalchpeitze mich bey meinen Versuchen zu bedienen; indem ich gefunden, daß zwar der Kalch allerdings eine gute Peitze ist, und die Arbeit im Stampfen abkürzet, aber auch, wie es bey den Hopfenranken vorkommen wird, alles gelb färbet. Es scheinet also der Kalch bey dem Papiere ohne Lumpen nur alsdenn gebrauchet werden zu können, wenn auf die Farbe nichts ankommt, oder solche eben gelb sein soll.

Vierte Anmerkung.

Da bey dem ordentlichen Papiermachen das mehr und weniger Dicke oder Dünne der Bogen eine bloße willkührliche Sache ist, und ganz allein vom Schöpfen oder Machen abhanget; so gilt dieses auch von meinen Papiermustern. Niemand wird sich also daran stoßen, wenn er bald dickere, balde dünnere, Muster findet. Ich habe vielmehr mit Fleiß und vorzüglich auf dünne Bogen angetragen. Denn wenn ein Papierzeug dünne Bogen giebet; so giebt er natürlicher Weise noch eher und gewisser dicke Bogen, obgleich solches nicht allemal umgekehret angehet.

Fünfte Anmerkung.

Wenn man diejenige Seite meiner Papiermuster, worauf sich der Druck befindet, mit derjenigen vergleichet, welche leer ist; so wird man in Ansehung der Feine und Glätte fast bey allen Mustern, einige wenige ausgenommen, einen merklichen Unterscheid finden. Die Seite des Drucks wird besser und schöner seyn, als die andere Seite. Was ist die Ursache davon, und was erweiset solches? Da im Schöpfen oder Machen das Feinere und Zärtere der Fäßergen wegen ihrer Schwere alsobald und eher zu Boden fället, als das Gröbere und Langfaßerige, als welches im Wasser mehr und länger oben bleibet; so können bey einem nicht genugsamen und durchaus gleich gearbeiteten Zeuge die Seiten der Bogen nicht anders

als ungleich, ausfallen. Aber eben hiemit ist auch augenscheinlich bewiesen, daß in ordentlichen Stampfmühlen, wenn man beym Stampfen die gehörige Zeit abwartet, bis der Zeug durch und durch vollkommen gleich gearbeitet ist, ein solches Papier daraus werden muß, welches dem Lumpenpapiere gewiß nichts nachgeben wird. Es wäre zwar auch mir nicht unmöglich gewesen, auf meiner kleinen Stampfmühle es soweit zu treiben; ob ich gleich statt der Stunden soviel Tage zum Stampfen gebrauchet hätte. Da aber vorgedachtermaßen meine dermalige Absicht nur auf die Möglichkeit Papier ohne Lumpen zu machen gerichtet ist; so habe ich, die Zeit zu erspahren, gar wohl die mehr und wenigere Schönheit und Feinigkeit dermalen übersehen können.

Sechste Anmerkung.

Je unläugbarer Luft und Wasser in das Papiermachen einen Einfluß hat; je mehr, erstgedachtermaßen, das Liegen im Wasser, das Schöpfen, das Stampfen, und nebst diesem sonderlich auch der mehr und wenigere Zusatz der Lumpen, dem Papiere ein verschiedenes Ansehen geben muß; desto weniger wird es zu verwundern seyn, oder mir von daher ein, der Sache nachtheiliger, Vorwurf gemacht werden können, wenn meine itzigen, und noch mehr die künftigen, Muster sich der Farbe und Feinigkeit nach nicht sämmtlich und vollkommen gleich sehen sollten. Sie sind nicht auf einmal und in einer Witterung, sondern zu verschiedenen Zeiten gemacht. Und da meine Absicht itzo nicht ist, Riese und Ballen Papier zu liefern, wo freylich Gleichheit sein müßte, sondern nur eine mehrgemeldete Möglichkeit zu erweisen; so habe ich auch nicht nöthig gehabt, mich bey demjenigen viel aufzuhalten, wovon eine Gleichheit des Papiers abhanget.

Siebende Anmerkung.

Da ich, meiner dermaligen Absicht nach, bey meinen Papierversuchen und deren Mustern, aus guten Gründen, ganz einfach und ungekünstelt zu Werke gegangen bin; so muß man dies nicht dahin deuten, als ob diese neue Papierarten wirklich nie besser und feiner gemacht werden könnten, als die gegenwärtigen Muster sind und zeigen. Die Papiermacher pflegen den Zeug, wie er aus der Stampfe kommt, halbgemacht zu nennen; und wenn er ein ganzes, feines und gutes Papier geben soll, so muß er zuvor noch in den Holländer kommen, wo er allererst recht fein gearbeitet wird. Alle meine dermaligen Papiermuster sind also nur ein halbgemachtes Papier. Man mache sie also in dem Holländer zu einem ganzen Papiere; so werden sie gewiß auch schöner und besser werden. Ehe Hanf und Flachs zu Lumpen werden; ehe diese Lumpen bey dem ordentlichen Papiermachen in die Bütte zum Schöpfen und Machen kommen; müssen sie, bekanntermaßen, zuvor viele und mancherley Veränderungen ausstehen. Hanf und Flachs werden zuvor geröstet, gebrochen, gehechelt, gewirket, gebleicht, getragen und abgenutzt, ehe sie Lumpen heißen; und die Lumpen werden gewaschen, kommen unter das Schneidmesser, oder Hackebeil, man leget sie in die Kalchpeitze, man lässet sie faulen, sie werden verschiedenemal, und in der Stampfe fast beständig, ausgewaschen, und es vergehen oft viele Monathe, ehe sie ein gutes Papier abgeben. Vieleicht gehören auch bestimmte Zeiten, allerhand und vielfache Bearbeitungen, gewisse Peitzen, eine Art der Fäulung, mit einem Worte gewisse Hülfsmittel und Künsteleyen dazu, wenn Holz und Pflanzen, wie Flachs und Hanf, lumpenartig, flockig und ein gutes Papier werden sollen! Dies alles aber ausfindig zu machen, zu untersuchen, zu probiren, und in der Erfahrung, als richtig und ausgemacht darthun zu können; dazu gehöret mehr Zeit, als ich dermalen darauf verwenden können, und, meiner Absicht nach, verwenden wollen.

Achte Anmerkung.

Wenn man bey meinen Papierversuchen lieset, daß ich Holz und Pflanzen vorher hauen, oder schaben, oder hacken lassen, ehe ich sie in die Stampfe gethan habe; so darf man nicht denken, daß dieses in ordentlichen Stampfmühlen auch nöthig sey, und mithin zu viel Zeit und Mühe erfordere. Ich habe mir nur bey meiner kleinen Stampfmühle das Stampfen dadurch erleichtern, und geschwinder fertig werden, wollen. In Stampfmühlen, wo jede Stampfe einen Centner schwer ist, brauchet es diese zarte Zubereitung nicht; es darf da alles ziemlich grob seyn, und ein Schlag thut da mehr, als bey mir zehen und zwanzig Schläge nicht ausrichten können.

Neunte Anmerkung.

Findet man einige meiner Papiermuster nicht weich und bügsam genug, sondern mehr und weniger steif, oder gar etwas brüchig; so hat man dieses blos dem nicht fleißigen und genugsamen Stampfen, oder allzu starken Leimen, keineswegs aber dem Zeuge selbst, beyzumessen. Denn je mehr Holz und Pflanzen in seine ersten Fäßergen aufgelöset werden; je flockiger, bügsamer und zusammenhaltender wird auch der Zeug und das Papier. Ohnmöglich aber kann man von mir verlangen, daß ich, gleich daß erstemal und im anfange, alle Vortheile und Kunstgriffe des Papiermachens habe wissen und beobachten können. Man lernet dergleichen erst nach und nach, und bey wiederholten Uebungen.

Zehende Anmerkung.

Daß ich zu einigen und den mehresten meiner Papiermuster etwas Lumpen hinzugethan, ist nicht zu läugnen, und ich zeige selbst an, wie groß dieser Zusatz jedesmal gewesen. Allein, man würde sich sehr irren, wenn man daraus eine Nothwendigkeit schlüßen wollte. Auch dieses ist von mir mehr Sicherheits halber, und weil ich diesmalen nach meiner Absicht am geschwindesten davon kommen wollen, als aus einer, in der Sache selbst liegenden, Nothwendigkeit geschehen. Ich bin gewis versichert, daß wenn in einer großen oder ordentlichen Stampfmühle diejenigen Hölzer und Pflanzen, mit denen ich voritzo die Versuche gemacht, so lange gestampft werden als die Lumpen, und bis sie, wie diese, flockig werden; so werden sie auch ohne allen Zusatz Papier geben. Doch gesetzt, es zeigte sich in der Folge wirklich, daß zu Manchem der zwanzigste oder zehende Theil Zusatz nothwendig erfordert würde; so wäre es ja doch, wie mich dünket, ein ziemlicher Vortheil und Gewinnst, wenn man zu einer gewissen Anzahl Ballen, statt der sonstigen zehen oder zwanzig Centner Lumpen, nur einen Centner brauchte?

Eilfte Anmerkung.

Und endlich, im Falle sich aus meinen Papierversuchen, einzeln genommen, wirklich kein großer Nutzen ziehen ließe; so müßte derselbe doch gewiß beträchtlich seyn, wenn man aus allen, zusammen genommen, auch nur eine gewisse Sorte Papier ohne Lumpen machen könnte. Doch hievon werde ich beym letzten Versuche, am Ende dieses Bandes, das Nähere beybringen."

Wie schon bemerkt, sind die 114 in der zweiten Auflage vorhandenen Proben mikroskopisch untersucht worden. Die Untersuchung erstreckte sich auf die Feststellung des Vorhandenseins von Lumpen und auf die Schätzung der Menge der letzteren. Die erste Veranlassung zu der Untersuchung gab die gelegentliche Prüfung einer Sorte der Schäfferschen Papiere, bei welcher sich herausstellte, daß die Angaben über den Lumpengehalt, wie sie von Schäffer gemacht waren, nicht zutrafen. Die Ergebnisse der Prüfung sämmtlicher Muster sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:	Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:
Nach Schäffers Angabe „ohne Zusatz von Lumpen" gearbeitet.					
1	Cyprische Asbeststeine	10 % Lumpen (Baumwolle)	14	Bast des Maulbeerbaums	95 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
2	Distelstengel	15 % Lumpen (Leinen)			
3	Desgl.	10 % Lumpen (Leinen)	15	Aloeblätter	40 % Lumpen (Leinen)
4	Desgl.	15 % Lumpen (Leinen)	16	Bast der Brennnessel	90 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
5	Maiblumenblätter	15 % Lumpen (Leinen)			
6	Bayrischer Torf (ausgewaschen)	20 % Lumpen (Leinen)	17	Bast der Weide	80 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
7	Schale und Holz der Gartenpappel	15 % Lumpen (10 % Leinen, 5 % Baumwolle)	18	Schlotten der Rohrkolben	90 % Lumpen (Leinen)
8	Fichtenholz	15 % Lumpen (Leinen)			
9	Pappelwolle	90 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	19	Torf	70 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
10	Wespennester	70 % Lumpen (Leinen)	20	Holz der Gartenpappel	70 % Lumpen (Leinen)
11	Weidenholz	30 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	21	Fichtenholz	30 % Lumpen (Leinen)
			22	Färbergenister	45 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
12	Hopfenranken	90 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)			
			23	Schale und Holz der Gartenpappel	15 % Lumpen (10 % Baumwolle, 5 % Leinen)
13	Hanfagen	75 % Lumpen (Leinen)			
Nach Schäffers Angabe mit einem „sehr geringen Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
24	Klettenstengel	15 % Lumpen (Leinen)	27	Beifuß	50 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)
25	Desgl.	15 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)	28	Klettenstengel	45 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
26	Beifuß	15 % Lumpen[1]) (Leinen, Baumwolle)			
Nach Schäffers Angabe mit einem „geringen Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
29	Wollengras	25 % Lumpen (Leinen)	34	Wassermoos	65 % Lumpen (Leinen)
30	Wassermoos	Keine Lumpen	35	Beifuß	60 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
31	Samenwolle	40 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	36	Gelbholz	60 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
32	Wollengras	40 % Lumpen (Leinen)			
33	Samenwolle der Distel	45 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	37	Rothholz	25 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
Nach Schäffers Angabe mit einem „Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
38	Distelstengel	55 % Lumpen (Leinen)	41	Distelstengel	35 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
39	Wassermoos	15 % Lumpen (Leinen)			
40	Distelstengel	60 % Lumpen (Leinen, Zusatz Baumwolle)	42	Wassermoos	45 % Lumpen (Leinen)

[1]) Schäffers Bemerkung lautet: „Ein fast nichts bedeutender Zusatz Lumpen."

Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:	Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:
Nach Schäffers Angabe mit „1/20 Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
43	Stengel, Blätter und Samenhülle des türkischen Weizens	15 % Lumpen (Leinen)	52	Holz des Maulbeerbaumes	50 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
44	Desgl.	10 % Lumpen (Leinen und Baumwolle)	53	Waldreben	55 % Lumpen (Leinen)
			54	Desgl.	35 % Lumpen (Leinen)
45	Sägespähne	25 % Lumpen (Leinen)	55	Holz der Brennnessel	55 % Lumpen (Leinen)
46	Hobelspähne	60 % Lumpen (Leinen)	56	Schlotten der Rohrkolben	60 % Lumpen (Leinen)
47	Buchenholz	50 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	57	Erdmoos	80 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
48	Weidenholz	50 % Lumpen (Leinen)	58	Stroh	35 % Lumpen (Leinen, Zusatz Baumwolle)
49	Baummoos	95 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	59	Blaukohlstrünke	35 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)
50	Corallenmoos	95 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	60	Stengel, Blätter und Samenhülle des türkischen Weizens	65 % Lumpen (Leinen)
51	Hopfenranken	30 % Lumpen (Leinen)	61	Desgl.	75 % Lumpen (Leinen)
Nach Schäffers Angabe mit „1/12 Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
62	Bohnenblätter	85 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	63	Lindenblätter	90 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
Nach Schäffers Angabe mit „1/10 Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
64	Tulpenblätter	45 % Lumpen (Leinen)	65	Nußbaumblätter	75 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
Nach Schäffers Angabe mit „1/9 Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
66	Rohrstengel	45 % Lumpen (Leinen)	—	—	—
Nach Schäffers Angabe mit „1/3 Zusatz Lumpen" gearbeitet.					
67	Samenwolle der Schwarzpappel 2 Theile, Baumwolle 1 Theil	75 % Baumwolle, 25 % Samenwolle	70	Samenwolle der Schwarzpappel 2 Theile, Baumwolle 1 Theil	Kette: Leinen; Schuß: 90 % Baumwolle, 10 % Samenwolle
68	Desgl.	Kette: Leinen; Schuß: 70 % Samenwolle, 30 % Baumwolle; der rothe Streifen im Schuß: 80 % Baumwolle, 20 % Samenwolle	71	Desgl.	50 % Baumwolle
			72	Desgl.	Kette: Leinen, die rothen Streifen Baumwolle; Schuß: 50 % Baumwolle
			73	Desgl.	Kette: Leinen; Schuß: 20 % Baumwolle
69	Desgl.	Kette: Leinen; Schuß: 70 % Baumwolle, 30 % Samenwolle	74	Desgl.	Kette: Leinen; Schuß: 80 % Baumwolle

Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:	Lfde. Nr.	Stoffzusammensetzung nach Schäffers Angaben	enthält etwa:
		Keine besonderen Angaben über Lumpengehalt.			
75	Maiblumenblätter	15 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	94	Maiblumenblätter	15 % Lumpen (Leinen)
76	Desgl.	20 % Lumpen (Leinen)	95	Desgl.	70 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)
77	Hannoverscher Torf	20 % Lumpen (Leinen)	96	Desgl.	75 % Lumpen (Leinen, Zusatz Baumwolle)
78	Baumseide der Seidenpflanze	30 % Lumpen (Leinen)	97	Torf	75 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)
79	Feldmelde	25 % Lumpen (Leinen)	98	Baumseide	40 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)
80	Desgl.	60 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	99	Feldmelde	80 % Lumpen (Leinen)
81	Weinreben	10 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)	100	Schale der Beifußpflanze	85 % Lumpen (Leinen)
82	Spähne sämmtlicher weißen Muster dieser beiden Bände	45 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	101	Junge Weinreben	20 % Lumpen (Leinen)
83	Fasern von Aloeblättern	Keine Lumpen	102	Spähne aller weißen Muster	10 % Lumpen (Leinen)
84	Weinreben	60 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)	103	Spitzen aus Aloeblättern	Keine Lumpen
85	Espenholz	50 % Lumpen (Leinen, Zusatz Baumwolle)	104	Genister	80 % Lumpen (Leinen)
86	Weinreben	85 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	105	Tannenzapfen	45 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
87	Papier aus Spähnen aller vorhergehenden Sorten	60 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	106	Desgl.	60 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
88	Aloeblätter	60 % Lumpen (Leinen, Baumwolle)	107	Erdäpfel, äußere Schale	85 % Lumpen (Leinen)
89	Baumblätter	85 % Lumpen (Leinen)	108	Erdäpfel, inneres Fleisch	85 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
90	Masse aus den Mustern 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 14, 16	50 % Lumpen (Leinen, Zusatz Baumwolle)	109	Dachschindeln	30 % Lumpen (Leinen)
91	Masse aus den Mustern 6, 8, 10, 11, 12, 13, 15	50 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	110	Desgl.	55 % Lumpen (Leinen)
92	Pappdeckel aus Hanfagen	15 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	111	Musterspähne aller 5 Bände	25 % Lumpen (Leinen)
93	Lyrischer Asbeststein	30 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)	112	Desgl.	40 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
			113	Wilde Kastanienblätter	50 % Lumpen (Leinen, geringe Mengen Baumwolle)
			114	Spähne sämmtlicher Muster des letzten Bandes	85 % Lumpen (Leinen)

Die Tabelle zeigt, daß Schäffer zu seinen Versuchen 50 verschiedene Materialien herangezogen hat, nämlich:

Maiblumenblätter, Aloeblätter, Bohnenblätter, Lindenblätter, Tulpenblätter, Nußbaumblätter, Baumblätter, Stengel, Blätter und Samenhülle des türk. Weizens, Distelstengel, Klettenstengel, Rohrstengel, Stroh, Dachschindeln, Tannenzapfen, wilde Kastanienblätter, Samenwolle der Schwarzpappel, Pappelwolle, Waldreben, Weinreben, Hopfenranken, Schale und Holz der Gartenpappel, Fichtenholz, Weidenholz, Gelbholz, Rothholz, Buchenholz, Maul-

beerholz, Espenholz, Bast des Maulbeerbaumes, Bast der Brennessel, Bast der Weide, Wassermoos, Baummoos, Corallenmoos, Erdmoos, Beifuß, Feldmelde, Schlotten der Rohrkolben, Wollengras, Samenwolle, Wespennester, Färbergenister, Blaukohlstrünke, Hanfagen, Erdäpfel, Sägespähne, Hobelspähne, Bayrischer und Hannoverscher Torf, Cyprische und Lyrische Asbeststeine.

Aus der Tabelle geht ferner hervor, daß nach Schäffer 23 Papiere „ohne jeden Zusatz von Lumpen" gearbeitet sein sollen. Die Untersuchung hat indessen gezeigt, daß dies für keins der Papiere zutrifft; sie enthalten ohne Ausnahme einen Zusatz von Lumpen, der bei den einzelnen Mustern von etwa 15 bis 95 % schwankt. Die Lumpenfasern bestehen bei diesen und auch bei den folgenden Papieren vorzugsweise aus Leinen, zum geringen Theil aus Baumwolle.

Mit einem „sehr geringen Zusatz von Lumpen" sollen nach Schäfferschen Angaben 5 Papiere gearbeitet sein. Der Gehalt dieser 5 Papiere an Lumpen wurde auf 15 bis 50 % geschätzt.

Von den 9 Papieren mit einem „geringen Zusatz von Lumpen" befand sich eins, welches keine Lumpen enthielt, nämlich das unter Nr. 30 aufgeführte Muster aus Wassermoos. Die 8 übrigen enthielten Lumpen und zwar von 25 bis 65 %.

Die 5 mit einem „Zusatz von Lumpen" hergestellten Papiere enthielten Lumpen in Mengen von 15 bis 60 %.

Einen „Zusatz von $^1/_{20}$ Lumpen" sollen nach Schäffers Angaben 19 Papiere haben. Der wirkliche Lumpengehalt schwankt von 10 bis 95 %.

Mit „$^1/_{12}$ Zusatz Lumpen" sollen 2 Papiere gearbeitet sein. Der wirkliche Gehalt beträgt bei dem einen 85, bei dem anderen 90 %.

„$^1/_{10}$ Zusatz Lumpen" sollen 2 Papiere haben. Der wirkliche Gehalt beträgt bei dem einen 45, bei dem anderen 75 %.

Das eine Papier, welches „$^1/_8$ Zusatz Lumpen" haben soll, enthält deren etwa 45 %.

„$^1/_8$ Zusatz an Lumpen" sollen 2 Papiere und 6 Gewebe haben. Die Papiere zeigten einen Baumwollgehalt einmal von 50 % und im zweiten Falle von 75 %. Leinen war merkwürdigerweise in diesen beiden Mustern nicht vorhanden. Bei den Gewebemustern bestand die Kette bei allen durchweg aus Leinen, der Schuß aus einem Gemenge von Baumwolle und Samenwolle der Schwarzpappel und zwar schwankte bei dem Schuß der Baumwollegehalt von 20 % Prozent bis 90 %.

Unter den 40 Mustern, bei welchen sich besondere Angaben über den Lumpengehalt nicht vorfinden, sind 2, nämlich Nr. 83 und Nr. 103 ohne jeden Zusatz von Lumpen hergestellt, während bei 38 Proben der Lumpengehalt von 10 bis 85 % schwankt.

Wie man sieht, stimmen die Angaben von Schäffer mit den Prüfungsergebnissen theils garnicht, theils nur wenig überein. Besonders auffallend muß es erscheinen, daß Schäffer für 23 Papiere das Vorhandensein von Lumpen überhaupt in Abrede stellt, während sie sämmtlich Lumpen enthalten und zum Theil fast aus reinen Lumpen bestehen. Es dürfte schwer sein, noch heute mit Sicherheit eine Erklärung für diese auffallende Thatsache zu finden. Daß Schäffer selbst mit seinen Versuchen eine Täuschung seiner Zeitgenossen beabsichtigte, ist wohl bei dem idealen Streben, welches aus seinen ganzen Versuchen und seinen Berichten herausleuchtet, ausgeschlossen; vielleicht hat das Streben, den Auftraggeber recht zufrieden zu stellen und bessere Muster zu liefern, als es sonst möglich gewesen wäre, die von Schäffer gedungenen „Papiermachersgesellen" zu einer Beimengung von Lumpen veranlaßt.

Wie dem aber auch sei, das große Verdienst Schäffers wird dadurch nicht geschmälert. Er hat zu einer Zeit, wo seine Zeitgenossen für sein Streben kein Verständniß zeigten, ihm ihre Anerkennung versagten und ihn verspotteten, mit weitausschauendem Blick die Nothwendigkeit der Einführung weiterer Rohstoffe in die Papierfabrikation erkannt und, obwohl nicht Fachmann, mit allen Kräften daran gearbeitet, die Durchführbarkeit seiner Vorschläge durch Versuche nachzuweisen.

---

4. Die Flammpunktsbestimmung von hochsiedenden Erdöldestillaten.

Vom Direktor Professor A. Martens und vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung Dr. D. Holde.

Ueber die zweckmäßige Auswahl eines Apparates zur Bestimmung des Flammpunktes hochsiedender Erdöldestillate, insbesondere der Mineralschmieröle, ist heutzutage für die Fachkreise wenig Neues zu sagen. Die Gesichtspunkte und Versuchsreihen, welche der stetig fortschreitenden Verbreitung des Penskyschen Apparates die Grundlage gegeben haben, sind von den betheiligten Kreisen erörtert worden. Ueber die jetzige Verbreitung des Apparates bei den technischen Behörden, in der Industrie u. s. w. ist Folgendes anzuführen:

Die Preußischen Eisenbahnverwaltungen, welche früher die Flammpunktsbestimmungen nur im offenen Porzellantiegel ausführen ließen, haben dieses Verfahren in der bekannten Treumannschen Abart nur noch für die dunklen Wagen- und Lokomotivöle vorgeschrieben, für die Prüfung der höher entflammbaren Werkstatts-Maschinenöle, Dynamoöle, Cylinderöle u. s. w. schreiben die neueren Lieferungsbedingungen die Benutzung des Penskyschen Apparates vor. Die Kgl. Sächsischen Staatsbahnen schreiben die Prüfung der Entflammbarkeit in einem besonderen, von der Treumannschen Anordnung abweichenden offnen Prober vor.

Die Bayerischen Staatsbahnverwaltungen sind nach jahrelanger gleichzeitiger Benutzung des offnen und geschlossenen Probers jetzt zur alleinigen Benutzung des Penskyschen Apparates übergegangen. Auch bei den Kgl. Württembergischen Staatsbahnen ist seit dem 1. Januar 1898, bei den Reichseisenbahnen im Elsaß, sowie bei den K. K. Ungarischen Staatseisenbahnen seit einer Reihe von Jahren der Penskysche Apparat zur Prüfung der Mineralschmieröle vorgeschrieben. Bei den Großherzoglich Badischen Staatsbahnen ist die Prüfung im offnen Prober auch heute noch maßgebend. Nach dem weiter unten mitgetheilten günstigen Urtheil, welches die mit den Abnahmeprüfungen für die letztgenannte Bahnverwaltung betraute Großherzogliche Versuchsanstalt in Karlsruhe in Bezug auf den Penskyschen Apparat gewonnen hat und den von dieser Anstalt zur Verfügung gestellten persönlichen Informationen dürfte indessen die Einführung des genannten Apparates über kurz oder lang auch bei den Großherzoglichen Bahnen, namentlich in Rücksicht auf die Einheitlichkeit in den Prüfungsmethoden angeregt werden.

Die russische Regierung, welche bekanntlich das Land der größten Naphthaproduktion des Kontinents vertritt, hat vor etwa 2 Jahren auf Grund langjähriger, in der dortigen Industrie und bei den Untersuchungsämtern gesammelten Erfahrungen zur Prüfung aller aus dem Bakugebiet ꝛc. ausgeführten Erdölprodukte den Abel-Penskyschen und Pensky-Martensschen Apparat, ersteren für niedrig-, letzteren für höher (über 85 C°) entflammbare Oele als obligatorisch vorgeschrieben.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Für sämmtliche technischen Ressorts des preußischen Kriegsministeriums, bei der Torpedowerkstatt in Friedrichsort, der Hafenbauinspektion in Swinemünde u. s. w. ist gleichfalls der Penskyʃche Apparat für die Prüfung der Mineralschmieröle maßgebend.

Endlich wird in sämmtlichen neueren Handbüchern der Mineralölindustrie und Schmiermittelprüfung der genannte Apparat allein oder als zuverlässigerer Apparat neben dem offnen Prober empfohlen[1]).

Angesichts der vorstehend geschilderten Sachlage erscheint es sehr auffällig, daß kürzlich ein seit langen Jahren mit Schmierölunterʃuchungen beschäftigter Chemiker, Dr. J. Treumann, in einer ausführlichen Abhandlung gegen den Penskyʃchen Apparat Stellung genommen und die Beibehaltung des offnen Probers für die Flammpunktsprüfungen, insbesondere bei Wagen- und Lokomotivölen eindringlich den Fachkreisen empfiehlt.[2])

Wegen der Eigenart der Treumannʃchen Ausführungen und der Verschwommenheit seiner Beweisführung ist ein vollständiges Eingehen auf seine Auslaſſungen unmöglich. Daher wird es genügen, diejenigen Punkte der Treumannʃchen Arbeit herauszugreifen, welche allenfalls einer ernsteren Besprechung fähig sind. Hierbei wird sich zur Genüge Gelegenheit bieten, die Eigenart der Treumannʃchen Darstellungsweiʃe zu kennzeichnen.

Von vornherein ist dagegen Verwahrung einzulegen, daß die Verʃuchsanstalt zur Zeit die Brauchbarkeit der Flammpunktsprüfung im offnen Tiegel für alle Zwecke der Mineralölprüfung verwirft. Bekanntlich wird diese Prüfungsmethode für die rohe Kennzeichnung von Zwiʃchenprodukten im Fabrikbetriebe noch heute mit befriedigendem Erfolge in zahlreichen Fabriken des In- und Auslandes benutzt. Für die Verʃuchsanstalt handelt es sich aber in der vorliegenden Entgegnung nur um die objektive Beantwortung der von Treumann aufgeworfenen Frage, in wie weit bei der Außenkontrole der Fabrikate, wo die Unterʃchiede der Ergebniſſe verʃchiedener Prüfungsstellen auf das kleinste erreichbare Maß gebracht werden müſſen, dem geʃchloſſenen oder dem offenen Apparat der Vorzug zu geben ist. Die gleichzeitige Beibehaltung von zwei Apparaten, welche ganz erheblich verʃchiedenartige Zahlen für das gleiche Oel liefern, ist nicht empfehlenswerth; sie ist insbeʃondere im vorliegenden Falle deshalb zu verwerfen, weil die Unterʃchiede zwiʃchen den mit beiden Apparaten erhaltenen Flammpunkten je nach dem Charakter der Oele sehr verʃchieden hoch ausfallen.

1. Die Dauer der Flammpunktsprüfungen.

Treumann bemängelt, daß die Reinigung des Penskyʃchen Apparates namentlich der Deckeltheile sehr umständlich sei und daß auch die Geſammtdauer der Verʃuche beim Penskyʃchen Apparat aus dieʃem Grund und wegen der langsamen Abkühlung des Apparates nach den Verʃuchen erheblich größer sei als beim offnen Tiegel. Nach den langjährigen, bei den Flammpunktsprüfungen geſammelten Erfahrungen der Verʃuchsanstalt ist der Treumannʃche Einwurf belanglos. Die vollständige Reinigung des Apparates (zuerst unter Benutzung von Sägeſpähnen und Gänſefeder) dauert erfahrungsgemäß 2 bis höchstens 3 Minuten, die Reinigung des Tiegelapparates $^1/_2$—1 Minute. Auch sagt schon die äußere Betrachtung der Konstruktion des Apparates und ein Blick auf die Prüfungsvorschrift, daß die

[1]) Roßmäßler, Schmierölfabrikation 1893, Leipzig, Verlag von J. J. Weber; Aiſinman, Taſchenbuch für die Mineralölindustrie 1896, Verl. v. Jul. Springer; die einheitlichen Unterʃuchungsmethoden in der Mineralölindustrie 1897, Stuttgart, Verl. von F. Enke; Veith, das Erdöl und seine Verarb. 1892, Verl. v. F. Vieweg u. Sohn — u. s. w.

[2]) Ztʃchr. f. öffentl. Chemie 1897, S. 579.

Versuchsdauer beim Penskyschen Apparat kaum länger, eher aber kürzer sein kann als beim offnen Tiegelprober. Die Erhitzung kann bei ersterem Apparat naturgemäß schneller geleitet werden als beim Tiegel, da Ueberhitzungen durch das Rührwerk verhindert werden. Die Erhitzungsdauer muß auch beim geschlossenen Apparat schon deshalb wesentlich geringer sein als beim offnen Tiegel, weil in ersterem die Oele in der Regel um 15—30 °, in einzelnen Fällen um noch größere Beträge niedriger entflammen als im Tiegel. Man kann sich übrigens leicht durch den Versuch überzeugen, daß selbst die Abkühlung des Oelgefäßes bei dem Penskyschen Apparates nicht länger, sondern sogar eher kürzere Zeit dauert als beim Porzellantiegel. Ein zum Ueberfluß ausgeführter Vergleichsversuch mit einem normal hoch (171 ° im offnen Tiegel) entflammenden Eisenbahnöl ergab einschließlich der Reinigung der Apparate eine Gesammtversuchsdauer von 34½ Minute für den Penskyschen Apparat und von 39½ Minute für den offnen Prober. Die Behauptung einer längeren Versuchsdauer bei Benutzung des Penskyschen Apparats gegenüber dem offnen Tiegel ist hiernach praktisch als hinfällig zu erachten.

2. Die Kosten der Flammpunktsprüfer.

Ein weiterer Einwand Treumanns gegen den Penskyschen Apparat betrifft die gegenüber dem offnen Prober sehr erheblich höheren Anschaffungskosten des Apparates. In dem uns vorliegenden Preisverzeichniß der Firma Sommer und Runge zu Berlin ist der Penskysche Prober mit 80 M., der offne Treumannsche Prober mit 40 M. berechnet; letzterer wird seit Jahren wegen Mangel an Bestellungen von der genannten Firma nicht mehr geliefert und ist daher in der zur Zeit ausgegebenen Preisliste gestrichen. Daß ein Mehrbetrag von 40 M. für einen sorgfältig gearbeiteten und eine beliebige Zahl von Jahren zu benutzenden Apparat gegenüber einem ungenauer arbeitenden billigeren nicht in Betracht fällt, liegt auf der Hand. Die auf jedes Benutzungsjahr entfallenden Minderkosten des offnen Probers können, wie ja am besten die fortschreitende Aufnahme des Penskyschen Apparates zeigt, selbstverständlich die oft mit großen Kosten verknüpften Weiterungen, Reklamationen ꝛc., welche das mit größeren Fehlern behaftete Verfahren im Abnahmewesen mit sich bringt, nicht annähernd aufwiegen. Beiläufig sei erwähnt, daß mehrfach im Laufe der letzten Jahre bei der Versuchsanstalt Klagen von industrieller und kaufmännischer Seite über Unsicherheit der Flammpunktsprüfungen im offnen Tiegel geführt worden sind. Aehnliche Beschwerden sind der Versuchsanstalt bezüglich des Penskyschen Apparates bisher von keiner Seite unterbreitet worden. Bekannt ist ja auch, daß die Mehrkosten der geschlossenen Flammpunktsprüfer die Einführung des Abelschen Petroleumprobers ebensowenig aufgehalten haben, als sie es beim Pensky-Martensschen Apparat thun werden.

3. Das Kennzeichen des Flammpunktes.

Der Flammpunkt wird beim Penskyschen Apparat derjenige Wärmegrad genannt, bei welchem unmittelbar nach dem Eintauchen des Zündflämmchens in dem dunklen Dampfraum über der Oeloberfläche ein starkes Aufflammen stattfindet. Dieser Punkt ist so scharf, daß er nach ganz kurzer Uebung leicht getroffen wird.

Bei der Flammpunktsbestimmung im offnen Tiegel soll nach der Vorschrift der Preußischen Eisenbahnverwaltungen derjenige Punkt als Flammpunkt angesehen werden, bei welchem durch Annäherung des Flämmchens ein vorübergehendes Aufflammen über der Oeloberfläche oder eine durch schwachen Schall wahrnehmbare Verpuffung eintritt. Diese

Anweisung ist unbestimmt, weil einerseits das Verpuffen sehr leicht überhört werden kann, andererseits erstes Verpuffen und Entflammen nicht immer zusammenfallen. Das Verpuffen wird öfter erst einige (3—5 °) Grade nach dem Entflammen, selten vorher gehört. Wie der Verkehr der Versuchsanstalt mit ihren Auftraggebern gezeigt hat, veranlaßt die erwähnte unbestimmte Fassung der Vorschriften bei den Interessenten mehrfach Ungewißheit darüber, welcher Punkt als der eigentliche Flammpunkt anzusehen ist.

Die Anstalt, welche auf diese Verhältnisse wiederholt hingewiesen hat, betrachtet wie bei den Bestimmungen mit dem Penskyschen Apparat auch beim offnen Prober nur das Auftreten einer deutlichen Flammerscheinung als Kennzeichen des Flammpunktes; sie hat jedoch beobachtet, daß in einzelnen Fällen (siehe nachstehendes Beispiel), insbesondere bei hoch entflammbaren Destillatölen selbst die Entflammungserscheinung im offnen Tiegel so unbestimmt ist, daß auch auf diesen Mangel die bisweilen beobachteten sehr großen Unterschiede in den Ergebnissen der wiederholten Prüfung ein und desselben Oeles zurückzuführen sind. So zeigte ein im Penskyschen Apparat bei zwei Versuchen bei 176 ° entflammendes Mineralöldestillat von dunkler Farbe im offnen Tiegel die Flammpunkte 186 — 202 — 193 — 207, also Unterschiede bis 21 ° bei wiederholter Flammpunktsbestimmung. Das Entflammen war jedesmal nur sehr schwach.

4. Die Erhitzung des Oeles bei den Flammpunktsbestimmungen und die Wahl des Arbeitsraumes.

Ein bekannter Mangel des Treumannschen offnen Probers ist die Schwierigkeit gleichmäßig, nicht zu schnell und nicht zu langsam, zu erhitzen. Ein ungünstiger Luftzug in der Nähe des Apparates bewirkt wegen der mangelhaften Anordnung der Erhitzung leicht zu langsamen Wärmeanstieg oder gar Stehenbleiben des Quecksilberfadens. Seitens der preußischen Bahnverwaltungen ist nun vor 6 Jahren die bestehende Vorschrift zur Benutzung des offnen Probers für den Verkehr mit der Versuchsanstalt in Folge von einigen abweichenden Auffassungen der letztgenannten Anstalt u. A. dahin verändert worden, daß die Versuche nicht im Digestorium und nicht unter Erhitzung mit Dreibrenner, sondern frei im Experimentirraum unter Benutzung eines Einbrenners vorzunehmen sind, damit unzulässige Störungen der Dampfansammlungen über der Oeloberfläche vermieden werden. Nach dem Wortlaut der Lieferungsbedingungen sollte bereits die angewendete halbkugelige Sandbadschale die Oeloberfläche zur Genüge vor nachtheiligen Luftströmungen schützen. Da der genannte Wortlaut der Lieferungsbedingungen über diesen Punkt inzwischen nicht geändert ist, so finden sich natürlich bei den verschiedenen Interessenten mehr oder weniger erhebliche Abweichungen von der der Versuchsanstalt bekannt gegebenen Auslegung der Vorschriften. So hat sich z. B. gezeigt, daß die Prüfungen in der einen Fabrik unter Erhitzung mit Einbrenner in einem gewöhnlichen Laboratoriumsraum, in der anderen Fabrik in einem abgedunkelten Raum innerhalb eines kistenartigen Verschlags unter Erhitzung mit Dreibrenner ausgeführt werden. Auch Herrn Dr. Treumann genügt ein gewöhnlicher Experimentirraum, in dem verschiedene Personen verkehren, nicht, er verlangt daher, daß die Flammpunktsbestimmungen in einem besonderen zugfreien Raum ausgeführt werden. Daß die Erfüllung dieser Forderung unter Umständen den billigeren Preis des offnen Probers ganz hinfällig machen kann, braucht kaum erwähnt zu werden.

Beim Penskyschen Apparat, dessen in allen Theilen festgelegte Konstruktion und klare Benutzungsvorschrift solche Mannigfaltigkeit der Auslegung wie bei Prüfung im offnen Tiegel

nicht zulassen, kann man jeden Raum benutzen, denn von diesem Apparat werden, wie auch Treumann einräumt, Dämpfe nach außen gar nicht oder nur in untergeordnetem Maße abgegeben. Die Zugluft hat keinen Einfluß auf das Versuchsergebniß, da die Ansammlung der Dämpfe in dem geschlossenen bezw. nur beim Eintauchen des Zündflämmchens wenig geöffneten Dampfraum durch Zugluft nicht gestört werden kann.

Der Treumannsche offne Prober gestattet, wie Treumann selbst zugiebt, in Folge der einseitigen Anordnung der Erhitzung nur die Prüfung von bis gegen 200 ° entflammbaren Oelen, während die sämmtlichen, im offnen Tiegel meist höher entflammbaren Maschinenöle, Cylinderöle u. s. w. in dem genannten Prober gar nicht bis zur Entflammung erhitzt werden können. Der Penskysche Prober gestattet, Oele beliebiger Entflammbarkeit zu prüfen. Um nun von dem hier vorliegenden offenkundigen Mangel des offnen Probers abzulenken, meint Treumann, daß man ja einerseits durch Aenderung der Erhitzungsvorrichtung den von ihm empfohlenen offnen Prober leicht für die Prüfung höher entflammbarer Oele einrichten könne, und daß andererseits Wagen- und Lokomotivöle, um deren Prüfung es sich in erster Linie bei Benutzung seines offnen Probers handele, nach seinen langjährigen Erfahrungen niemals über 200 ° entflammen. Die Aenderung der Erhitzungsvorrichtung würde aber der an anderer Stelle von Treumann mit Recht betonten Nothwendigkeit der Annahme nur einer Prüfungsvorrichtung und nur eines in den Einzelheiten vorzuschreibenden Verfahrens entgegenstehen. Die Treumannschen Erfahrungen über die Höhe der Entflammbarkeit der Wagen- und Lokomotivöle sind gewiß langjährig, aber darum noch keineswegs ausreichend. Der Versuchsanstalt und wohl sicher auch anderen Prüfungsstellen, haben im Laufe der Jahre wiederholt Oele genannter Art mit einem 200 ° erheblich übersteigenden Flammpunkt vorgelegen.

5. Die Reparaturen der Flammpunktsprüfer.

Nach Treumann sollen bei dem komplizirten Mechanismus des Pensky-Martensschen Apparates und einer etwaigen Beschädigung einzelner Apparattheile nothwendig werdende Reparaturen nicht an jedem Orte und nicht von jedem beliebigen Mechaniker ausgeführt werden können, zumal die reparirten Apparate unter Umständen einer erneuten Revision, bezw. Aichung durch die mechanisch-technische Versuchsanstalt bedürfen. Die an dem Pensky-Martensschen Apparate im Laufe der Jahre vorzunehmenden Reparaturen sind thatsächlich so geringe, daß sie allerdings an jedem Ort und von jedem nicht ganz unbeholfenen Mechaniker oder Uhrmacher nach den Anweisungen des mit dem Apparat Vertrauten ausgeführt werden können. Haben sich etwa bei dem mindestens ebenso „komplizirt gebauten", bei allen technischen Behörden und Mineralölfabriken des In- und Auslandes verbreiteten Abelschen Petroleumprober Reparaturschwierigkeiten entgegengestellt? Was die angeblich durch Reparaturen nothwendig werdenden wiederholten Aichungen des Penskyschen Apparates durch die Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt anbetrifft, so ist zu bemerken, daß in den 10 Jahren seit der Einführung des Apparates bis zum heutigen Tage derartige Nachaichungen bei der Versuchsanstalt nicht ein einziges Mal verlangt worden sind. Nachaichung würde bei der durchsichtigen Bauart des Apparates auch nur ganz ausnahmsweise nothwendig werden und selbstredend, da sie sich nur auf einzelne Theile zu erstrecken hätte, in kürzester Zeit und mit geringen Unkosten zu erledigen sein.

6. Die Verbesserungsfähigkeit des Penskyschen Apparates.

Daß der Penskysche Apparat, obwohl er in seiner jetzigen Bauart weitgehenden Ansprüchen genügt, vielleicht noch in dieser oder jener Hinsicht Verbesserungen erfahren kann,

erscheint nicht ausgeschlossen. Um der Versuchsanstalt nun eine ungerechtfertigte Voreingenommenheit für den Penskyschen Apparat unterzuschieben, sagt Treumann, daß „die Beamten der Versuchsanstalt den Apparat aus naheliegenden Gründen weder für verbesserungsfähig noch für verbesserungsbedürftig halten." Herrn Dr. Treumann ist hiernach entgangen, daß erst vor 2 Jahren eine Reihe von Verbesserungen veröffentlicht worden ist[1]), welche die Versuchsanstalt auf Grund ihrer eignen und anderweitiger, z. Th. in der Fachliteratur niedergelegten Erfahrung an dem Penskyschen Apparate vorgenommen hat. So hat der Apparat eine Sicherheitszündflamme und eine tiefere Auffüllmarke erhalten, damit dem bisweilen bemerkten Verlöschen der Zündflamme sowie dem unliebsamen Ueberkriechen hoch entflammbarer Oele begegnet werde. Auch das Verfahren ist verbessert. Die höchste zulässige Erhitzungsschnelligkeit ist auf einen Anstieg von 6—8 ° in der Minute herabgesetzt worden[2]), wobei sorgfältiges Rühren als Voraussetzung hingestellt ist. Mit dem Verfertiger des Apparates ist erst vor wenigen Monaten verabredet worden, daß die Entfernung des unteren Deckelrandes vom unteren Rande der Zündöffnung thunlichst genau auf 1,5 mm einzustellen ist. Diese Eintauchtiefe ist von Zeit zu Zeit in Rücksicht auf etwaige Lockerungen in der Befestigung des Zündröhrchens zu kontroliren bezw. erforderlichenfalls zu reguliren.

7. Die Genauigkeit der Flammpunktsbestimmungen.

Außer den in der Einleitung erwähnten Urtheilen über die Zuverlässigkeit des Penskyschen Apparates im Vergleich zum offnen Prober, wie sie in den Lieferungsbedingungen und anderen Anordnungen staatlicher Organe zum Ausdruck kommen, sei hier noch erwähnt, daß auch die Vorstände des Chemischen Laboratoriums des Bayrischen Gewerbemuseums, Dr. Stockmeyer, und der Großherzoglich Badischen Chemisch-Technischen Versuchsanstalt die in jeder Beziehung befriedigende Zuverlässigkeit des Penskyschen Apparates bereits vor Jahren im Briefwechsel mit der Charlottenburger Versuchsanstalt anerkannt haben.

Treumann giebt nun, wenn auch in sehr gewundener Weise, allerdings zu, daß die mit dem Pensky-Martensschen Apparat zu erzielende Genauigkeit etwas größer ist als die bei Verwendung offner Gefäße zu erzielende, er erklärt jedoch diese Unterschiede in der Genauigkeit, soweit sie vorhanden, als unerheblich. Zur Stütze dieser Ansicht behauptet er einfach, daß eine Abweichung von 5 °, wie sie beim offnen Prober mit dem gleichen Oele bei verschiedenen Versuchen öfter von der Versuchsanstalt gefunden wurde, selbst gegenüber einem vertragsmäßig vorgeschriebenen Flammpunkte noch als unerheblich bezeichnet zu werden pflegt. Es ist klar, daß die seitens der Verwaltungen ohne Spielraum vorgeschriebene Minimalflammpunktsgrenze von 160 bezw. 140 ° nur den Sinn haben kann, daß die von Fabrikanten und Zwischenhändlern zu liefernden Oele nicht nur in deren Händen, sondern auch bei der Kontrole von anderer Seite geprüft, den vorschriftsmäßigen Flammpunkt von 160 bezw. 140 ° zeigen. Ein Zwischenhändler, welcher ein angeblich bei 160 °, also vorschriftsmäßig entflammendes Eisenbahnöl vom Fabrikanten kauft, wird sich nicht damit begnügen, wenn seine Nachprüfung des Oeles den Flammpunkt 155 ° ergiebt; er wird, um sich vor Schaden zu hüten, wohl immer das Oel dem Lieferanten zur Verfügung stellen. Beispiele hierfür kennt die Praxis zur Genüge. Ein irgendwie rechtsverbindlicher Handelsgebrauch hin-

[1]) Mittheilungen 1896. S. 276.

[2]) Holde, Untersuchung der Schmiermittel und verwandter Produkte u. s. w. Verlag von Julius Springer, 1897.

sichtlich der zulässigen Abweichungen gegenüber dem vorgeschriebenen Flammpunkt, wie er von Treumann hier zurechtgelegt wird, besteht überhaupt nicht.

Der von Treumann in Rücksicht auf die Unsicherheit der Tiegelmethode zurechtgelegte Spielraum von 5° ist also nur als eine persönliche Gepflogenheit des Herrn Dr. Treumann, d. h. als belanglos für das allgemeine Abnahmewesen anzusehen. Dieser Sachlage widerspricht es keineswegs, wenn ein Abnahmebeamter irgend einer Behörde in diesem oder jenem, ihm geeignet erscheinenden Falle die Abnahme eines in Bezug auf Flammpunkt mehr oder weniger von den Vorschriften abweichenden Oeles, welches aber sonst den Bedingungen genügt, anordnet.

Treumann sieht nun anscheinend ein, daß er mit der vorstehend gekennzeichneten Abschwächung seines Zugeständnisses der größeren Ungenauigkeit des offnen Probers den Leser nicht ausreichend von der Brauchbarkeit dieses Probers überzeugen kann; er versucht daher an mehreren Stellen, und zwar wieder ohne Beibringung eines faßbaren Zahlenmaterials, die von der Versuchsanstalt beobachtete Ungenauigkeit des Tiegelverfahrens auf fehlerhaftes Arbeiten der Anstalt zurückzuführen und stellt in gleicher Weise, ohne den geringsten Beleg beizubringen, die Zuverlässigkeit der mit dem Penskyschen Apparat erhaltenen Ergebnisse in Frage.

Nach seinen Mittheilungen soll Herr Dr. Dehnst zu Köln-Nippes aus einer großen Zahl von Versuchen mit Cylinderölen ein zu Ungunsten des Pensky-Martensschen Apparates und zu Gunsten des offnen Probers lautendes Urtheil abgeleitet haben. Eine Begründung dieses Urtheils ist weder früher noch jetzt gegeben, mithin ist auch die Möglichkeit der Kritik des Dehnstschen Urtheils vor der Hand abgeschnitten.

Aus einer kleinen, von Holde früher veröffentlichten Statistik[1]) hebt Treumann hervor, daß die größten Abweichungen zwischen Minimum und Maximum[2]) bei der Prüfung im offnen Tiegel von der Versuchsanstalt im Penskyschen Apparat zu höchstens 4°, im offnen Tiegel bis zu 7° gefunden wurden; er vergißt hierbei mitzutheilen, daß in der angeführten Statistik diese Abweichungen für den offnen Tiegel bis zu 12° angegeben wurden. Zwischen den nach letzterem Verfahren erzielten Ergebnissen der Versuchsanstalt und der Königl. Prüfungsstelle zu Nippes und Deutz sollen vor 7 Jahren auch 7° überschreitende Unterschiede festgestellt worden sein. Treumann will auch jetzt wieder diese Unterschiede auf fehlerhaftes Arbeiten der Versuchsanstalt zurückführen. Er sucht dieser Ansicht einen vermehrten Nachdruck durch die Behauptung zu verleihen, daß selbst der Direktor der Versuchsanstalt nach einer in den „Mittheilungen" abgegebenen Erklärung anfänglich geneigt gewesen sei, jene Abweichungen auf fehlerhaftes Arbeiten des mit der Prüfung betrauten Chemikers zurückzuführen. Zur Charakteristik der Treumannschen Mittheilung sei bemerkt, daß eine Erklärung von vorstehendem Wortlaut oder Sinn nach den hier vorgenommenen Nachforschungen an keiner Stelle vom Direktor der Versuchsanstalt abgegeben worden ist. Es wird daher erforderlich sein, daß Treumann die Stelle in den „Mittheilungen" bezeichnet, wo die angebliche Aeußerung des Direktors zu finden ist.

Als fehlerhaftes Arbeiten bezeichnet Treumann z. B. die von der Versuchsanstalt früher bei der Prüfung im offnen Prober der Eisenbahnen geübte horizontale Führung der Zündflamme. Er verschweigt hierbei den von Martens s. Z. in den „Mittheilungen" gebrachten klaren Nachweis, daß die Fassung der Vorschriften der Eisenbahnverwaltungen über

[1]) Mittheilungen 1889, S. 70.

[2]) Vergl. Nachtrag am Schluß des Aufsatzes.

die Führung der Zündflamme bei der Flammpunktsprüfung einer verschiedenartigen Auslegung fähig ist und sowohl die früher von der Versuchsanstalt als auch die von der Prüfungsstelle Köln-Nippes geübte Führung in dem Wortlaut der Bedingungen ihre Stütze findet. Es würde nicht dem Werthe der Treumannschen Ausführungen entsprechen, würde man seine weiteren mit gleicher Unzulänglichkeit durchgeführten Ausgrabungen angeblicher vor 7 Jahren begangenen Fehler der Versuchsanstalt verfolgen. Wer sich über den Werth dieser Treumannschen Grabbefunde genauer unterrichten will, sei auf den Bericht von A. Martens über diesen Gegenstand verwiesen[1]).

Einige andere von Treumann berührte Fragen und Versuche, welche die Genauigkeit und sonstige Handhabung der beiden in Rede stehenden Verfahren der Flammpunktsbestimmung betreffen, mögen hier noch kurz besprochen werden.

Holde hatte vor 9 Jahren bei einer Reihe von Mineralschmierölen gezeigt, daß der Flammpunkt eines Oeles um 7—41 C° verschieden hoch gefunden werden kann, je nachdem er im offnen Tiegel oder im geschlossenen Penskyschen Apparat bestimmt wurde. In vereinzelten Fällen ergaben sich bei als Schmieröl eingereichten Proben Unterschiede bis zu 150° im Flammpunkt desselben Oeles, je nachdem er im Penskyschen Apparat oder im offnen Tiegel bestimmt wurde. Versuche mit einem 0,4 bis 0,5 % Benzin enthaltenden Mineralöl, welches ohne Zusatz von Benzin im offnen Tiegel bei 184°, im Pensky bei 172° entflammte, ergaben keine Veränderung des Flammpunktes im offnen Tiegel durch den Benzinzusatz, während die benzinhaltige Probe im Pensky unter 100° entflammte. Es war also erwiesen, daß Zusätze leicht flüchtiger Erdöldestillate, welche die Feuersgefahr erhöhen und sogar den Flüssigkeitsgrad der Oele bis um 8 % herabsetzen, bei der Flammpunktsbestimmung im offnen Tiegel sich gar nicht verriethen. Treumann hat nun zur Kontrole dieser Versuche einige unter 180° entflammende Mineralschmieröle mit 0,5 % Benzinzusatz geprüft und Herabsetzungen des Flammpunktes um 15—20° im offnen Tiegel beobachtet. Auch Holde hat später für niedriger entflammbares Oel (offner Tiegel 176°, Pensky 158°) eine starke Herabsetzung des Flammpunktes im offnen Tiegel bei 0,5 % Benzinzusatz feststellen können, während er bei weiter in Gemeinschaft mit Stange geprüften höher entflammbaren Oelen (offner Tiegel 205° und 211°) bei Zusatz von 0,5 % Benzin (spec. Gew. 0,70) keine Herabsetzung des Flammpunktes bemerken konnte. Es bleibt also die Thatsache bestehen, daß man bei verschiedenen im offnen Tiegel über 180° entflammenden Mineralschmierölen bei der Flammpunktsbestimmung im offnen Tiegel merkliche Zusätze leicht verdampfbarer flüssiger Kohlenwasserstoffe übersehen kann, welche wesentliche Eigenschaften des Oeles, nämlich Flüssigkeitsgrad und Entzündbarkeit der Dämpfe, erheblich beeinflussen können.

Treumann meint nun, daß selbst für den Fall der Richtigkeit dieser Beobachtungen der von Holde gerügte Mangel des offnen Probers deshalb nicht in Betracht fallen könne, weil benzinartige Kohlenwasserstoffe in den hochsiedenden Schmierölen unabsichtlich nicht vorhanden sein können, und ein absichtlicher Zusatz benzinartiger Kohlenwasserstoffe gerade so wenig vorkommen werde, wie Zusätze von Rosenöl und Lavendelöl. Auch diese bezeichnende Redewendung ist nicht geeignet, die Unzuverlässigkeit des offnen Probers zu verdecken. Benzinartige Erdöldestillate sind nämlich billiger als die Mehrzahl der Mineralschmieröle. Der Vergleich eines Benzinzusatzes mit Rosenöl- und Lavendelölzusatz ist also ganz unangebracht, um so mehr, wenn man bedenkt, daß es sich bei der vorliegenden Frage nur um ganz geringe Zusätze leichtflüchtiger Oele handelt.

[1]) „Mittheilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten", 1893.

Treumann meint S. 585 seiner Abhandlung, daß jeder praktische Chemiker angesichts der von ihm gezogenen Vergleichung des wirthschaftlich-technischen Werthes der beiden Flammpunktsprüfer dem von ihm vor 8 Jahren vorgeschlagenen Prober den Vorzug vor dem Penskyschen Apparat geben wird.

Die Eingangs gegebene Statistik hat jedoch gezeigt, daß die allerorts gemachten, durch die Versuche zahlreicher Chemiker gestützten Erfahrungen zur unaufhaltsam fortschreitenden Aufnahme des Penskyschen Apparates bei allen staatlichen Organen und in der Industrie geführt haben. Selbst die von Treumann so oft herangezogenen preußischen Staatsbahnverwaltungen, welche allerdings vor 6—7 Jahren noch gegen den Penskyschen Apparat eingenommen waren, haben durch die neuerdings erfolgte Aufnahme dieses Apparates für die Prüfung großer Gruppen von Mineralschmierölen bewiesen, daß sie die unzweifelhaften Vorzüge des Apparates anerkennen und das einseitige Festhalten an veralteten Prüfungsverfahren keineswegs billigen. Es dürfte auch kaum daran zu zweifeln sein, daß diese Verwaltungen schließlich im Interesse der Vereinheitlichung des Prüfungswesens den Penskyschen Apparat immer mehr einführen werden. Die Zahl der praktischen Chemiker, die dem Treumannschen offnen Prober bei Abnahme- oder Kontrolprüfungen den Vorzug vor dem Pensky-Prüfer geben, dürfte sich bald genug lichten.

Wir glauben im Vorstehenden die aufgeworfene Frage der Flammpunktsprüfungen nach den verschiedensten Richtungen hin genügend erörtert zu haben. Auf etwaige weitere Veröffentlichungen Treumanns zu dieser Frage werden wir nach Lage der Sache nur dann antworten, wenn sie einer ernsten Kritik gegenüber etwas mehr Stand halten als seine bisherigen Ausführungen und sachlich werthvoll genug sind.

Treumann benutzt (vergl. S. 166, Anmerkung 2) zur Beurtheilung der beiden Prüfungsverfahren einen Maßstab, der zwar bei wissenschaftlicher Prüfung der Zuverlässigkeit nicht üblich ist, der hier aber in etwas übersichtlicherer Weise darzustellen ist, um zu zeigen, in wie weit es begründet ist, wenn Treumann auf Grund seiner Zahlen Holdes Angaben über die „im Allgemeinen größere Sicherheit" der Prüfungen im geschlossenen Apparat in Zweifel zieht (er setzt ein Fragezeichen hinter das Wort „sicheren").

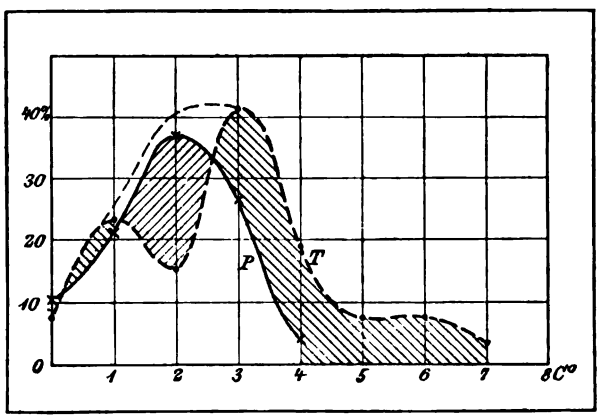


Fig. 1. Beurtheilung der Verfahren nach Dr. Treumann. Häufigkeit der Unterschiede zwischen Max. u. Min.

In Fig. 1 sind die von Treumann gegebenen Zahlen aufgetragen. Die ausgezogene Linie P umhüllt die Werthe für den Pensky-Martensschen Apparat, die gestrichelte Linie T die Werthe für den Treumannschen. Der Theil der von den Linien eingeschlossenen Flächen, der zu Gunsten des Treumannschen Apparates spricht, ist von links nach rechts schraffirt, der gegen ihn zeugende von rechts nach links. Die Linien sprechen schlagend gegen Treumann, selbst wenn man sie nimmt, wie sie sind, und außer Acht läßt, daß die gestrichelte Linie bei Häufung der Fälle sehr wahrscheinlich den fein punktirten Verlauf nehmen wird.

Da Treumann auch kürzlich noch seinen aussichtslosen Kampf für den offnen Tiegel fortsetzt, so seien hier an Hand des bei den amtlichen Oelprüfungen im Laufe der Jahre gewonnenen Zahlenmaterials die wahr-

Abweichungen der Flammpunktsbestimmungen von den Mittelwerthen.

Abweichungen von ± C°	1. Für jedes Oel 2 Bestimmungen; Flammpunkte des Oeles bei etwa C° = 90	110	130	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	230	250	270	290	310	In Summe 90—310	2. 3 und mehr Bestimmungen: Abweichungen von ± C°	offener Tiegel 155—200	geschlossener Apparat 130—310
	Zahl der Fälle																						Zahl			
	a) im offenen Tiegel bestimmt:																									
0,5				0	8	14	50	138	160	64	28	10	4	12	10	6	6						510	0,5	18	45
1,0				2	6	10	26	48	74	34	10	8	2	4	2	0	0						226	1,0	22	23
1,5				2	2	2	8	56	48	18	16	6	4	8	0	0	4						174	1,5	2	6
2,0						4	4	18	48	12	4	4	4	2	0	0	2						102	2,0	11	7
3,0								14	18	12	4	6		4	2	2							62	3,0	13	5
4,0									4					4	0								8	4,0	16	6
5,0															2								2	5,0	4	1
																								6,0	1	
Summe				4	16	30	88	274	352	140	62	34	14	34	16	8	12						1084	7,0	1	
																								8,0	0	
wahrscheinliche Fehler ±r				0,91	0,62	0,72	0,59	0,82	0,91	0,90	0,89	1,14	0,99	1,35	1,48	1,12	0,90						0,90	9,0	0	
																								10,0	2	
	b) im geschlossenen Apparat bestimmt:																							11,0	1	
0,5	8	2	30		36				48				48				14	12	18	36	34	12	298			
1,0			10		6				12				18				6	8	14	18	8	6	106			
1,5					8				4				12				0	2	2	6	8	4	58			
2,0									4				4				6	4	6	2	8	4	42			
3,0																			4		6		12			
4,0																			0				0			
5,0																			2				2			
Summe	8	2	40		50				68				82				26	26	46	80	64	26	518		91	93
wahrscheinliche Fehler ±r	0,36	0,48	0,45		0,55				0,63				0,64				0,78	0,76	1,16	0,80	0,94	0,79	0,75		2,20	1,06

scheinlichen Fehler beider Verfahren einander gegenübergestellt, um Gelegenheit zu einer vorurtheilslosen Beurtheilung zu geben.

Es liegen 1175 Bestimmungen im offnen Tiegel vor, davon 1084 aus Doppelbestimmungen und 91 aus drei und mehr Bestimmungen gewonnen; die Flammpunkte der Oele lagen zwischen 145 und 210 C°. Von den 611 Bestimmungen mit dem geschlossenen Apparat sind 518 aus Doppelbestimmungen und 93 aus drei und mehr Bestimmungen mit dem gleichen Oel gewonnen; die Flammpunkte lagen zwischen 90 und 310 C°. Die Häufigkeit der Abweichungen bestimmter Größe vom Mittel und die wahrscheinlichen Fehler sind in umstehender Tabelle zusammengestellt. Die wahrscheinlichen Fehler, der wissenschaftliche Maßstab für die Beurtheilung der Zuverlässigkeit, sind außerdem in Fig. 2 eingetragen.

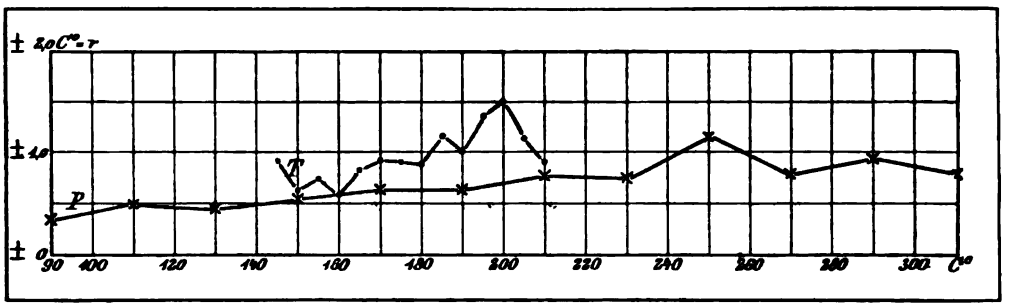


Fig. 2. Wahrscheinliche Fehler der Flammpunktsbestimmungen.

Es ergiebt sich, daß die Linien P und T mit wachsendem Flammpunkte steigen, d. h. mit wachsendem Flammpunkte werden die Bestimmungen unsicherer, das Ansteigen ist in Linie T trotz der wesentlich größeren Zahl der Bestimmungen unregelmäßiger und steiler als bei Linie P, obwohl Linie T nur die Flammpunkte 145 bis 210 C° umfaßt, während Linie P sich von 90–310 C° erstreckt.

Wer will hier noch die Ueberlegenheit des Prüfungsverfahrens im geschlossenen Apparate bestreiten?

A. M.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

nstalten

Viertes Heft.

Setzung und
von Kupfer.

tudeloff.

15. April 1889
31. Mai 1889
In diesem Plan
che und Haupt-

rzulegen, welche
robenbearbeitung,
des Materials"
dann sein, die

der mechanischen

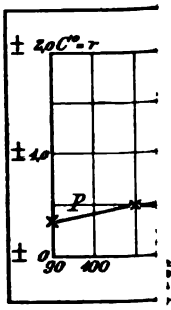
im bearbeiteten

vie Löthung und

über die erzielten
, Heft 2 u. 3),
der vorgenannten
aterials erwies es
nach dem Einfluß
n. Durch Ver-
nit verschiedenem
n 1 und 2 nach
, welche zwischen

ſcheinlichen Fehler b
zu geben.

Es liegen 1
drei und mehr Beſ
611 Beſtimmungen
Beſtimmungen mit
der Abweichungen
zuſammengeſtellt.
läſſigkeit, ſind auße



Es ergiebt
Flammpunkte wer
Zahl der Beſtimm
bis 210 C° umfaß

Wer will
beſtreiten?

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Für die A

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. **1898.** Viertes Heft.

1. Ueber den Einfluß der Wärme, chemischen Zusammensetzung und mechanischen Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer.

Vom stellv. Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Prof. M. Rudeloff.

Zufolge Erlasses des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe vom 15. April 1889 hatte der Direktor der Versuchsanstalt, Professor A. Martens, unter dem 31. Mai 1889 einen eingehenden Arbeitsplan für Untersuchungen mit Kupfer vorgelegt. In diesem Plan waren die als nothwendig erachteten Versuche ihrer Art nach in Vorversuche und Hauptversuche gesondert.

Die „Vorversuche" sollten in Sonderheit dazu dienen, die Einflüsse klarzulegen, welche erstens die „Art der Versuchsausführung" d. h. die Stabform, die Art der Probenbearbeitung, die Versuchsgeschwindigkeit und die Belastungsweise, sowie zweitens „der Zustand des Materials" auf das Versuchsergebniß ausüben. Aufgabe der „Hauptversuche" sollte es dann sein, die folgenden Punkte zu erörtern:

1. den Einfluß der chemischen Zusammensetzung,
2. die Wechselwirkung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der mechanischen Bearbeitung,
3. die zulässige Beanspruchung im Normalzustande (geglüht) und im bearbeiteten Zustande,
4. die Festigkeit der Verbindungsform: als Nietung, Löthung sowie Löthung und gleichzeitige Nietung und
5. den Einfluß der Erwärmung.

Nachdem die Vorversuche abgeschlossen waren und Prof. A. Martens über die erzielten Ergebnisse berichtet hatte (s. Mittheilungen aus den technischen V.-A. 1894, Heft 2 u. 3), ordnete der Herr Minister für Handel und Gewerbe auch die Durchführung der vorgenannten Hauptversuche an. Bei den Verhandlungen über die Beschaffung des Probenmaterials erwies es sich als zweckmäßig, von den vorgenannten 5 Fragen in erster Linie diejenige nach dem Einfluß der Erwärmung auf die Festigkeitseigenschaften des Kupfers zu untersuchen. Durch Verwendung von Material verschiedenartiger chemischer Zusammensetzung und mit verschiedenem Grade der mechanischen Bearbeitung, sollten dann nebenbei auch die Fragen 1 und 2 nach dem Einfluß der chemischen Zusammensetzung sowie nach der Wechselwirkung, welche zwischen

Tabelle 1. Material-

Lfd. Nr.	Art des Materials	Anzahl und Zustand der Probestücke bei Einsendung	Von dem Einsender						
			Kupfergehalt			Zugfestigkeit in kg/qmm			
						längs		quer	
			Probe 1	Probe 2	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
I	Bleche (Platten)	Je 2 Tafeln. Die eine ca. 9 mm dick geglüht; die zweite ca. 7 mm dick hartgewalzt. Die Kantenlängen sämmtlicher Tafeln betragen 500 × 600 mm	—	—	—	30,7 30,9	30,8	29,5 30,0	29,8
II			98,86	98,90	98,88	—	23,3	—	23,3
III			98,81	98,82	98,82	—	23,2	—	22,7
IV			99,27	99,31	99,29	—	23,24	—	23,12
V			99,35	99,32	99,34	—	22,81	—	22,83
VI			99,78	99,81	99,80	22,42 22,50	22,5	22,34 22,37	22,4
VII			99,02	99,09	99,06	23,56 23,41	23,5	23,66 23,56	23,6
VIII			99,28	99,26	99,27	—	23,2	—	22,7
IX	Rundstangen	Je 4 Stangen von 23 mm Φ und 2,5 m Länge. Hiervon immer 4 St. gez. H „hartgezogen" und 4 St. gez. G „geglüht".	nicht anzugeben			—	45,5 29,1	—	—
X			99,26	99,31	99,29	—	35,3 24,7	—	—
XI			99,43	99,47	99,45	—	34,2 24,0	—	—

Bemerkungen: [1]) Zu den Zerreißversuchen mit den Blechen sind die Proben aus den auf 16 mm vorgewalzten
[2]) Von den beiden oben angegebenen Werthen für die Festigkeitseigenschaften der Rundstangen

der chemischen Zusammensetzung und der mechanischen Bearbeitung besteht, wenigstens eine theilweise Lösung erfahren.

Der Arbeitsplan für die Versuche wurde von dem Herrn Minister für Handel und Gewerbe genehmigt. Seine Durchführung lieferte die Ergebnisse, über welche im Nachstehenden berichtet werden soll.

A. Das Probenmaterial und seine Bearbeitung.

An Probenmaterial standen 8 Sorten Platten und 3 Sorten Rundstangen zur Verfügung und zwar von jeder Plattensorte 2 Stück, die eine Platte hartgewalzt und die zweite geglüht; von den 3 Sorten Rundkupfer je 4 geglühte und 4 hartgezogene Stangen.

Die Angaben der Firma, welche das Material geliefert hatte, über den Kupfergehalt und die Festigkeitseigenschaften der 12 verschiedenen Sorten sind in Tab. 1 zusammengestellt. Ferner liegen folgende Mittheilungen über die Herstellung der Proben vor:

„Die mechanische Bearbeitungsweise ist für alle Platten die gleiche, indem die Rohgußblöcke von etwa 1100 mm im Quadrat und 170 mm Dicke in einer Hitze zunächst zu Platten von ca. 16 mm Dicke, 1600 mm Breite und entsprechender Länge, dann Ausschnitte dieser Platten quer zur ersten Walzrichtung in einer zweiten Hitze von 16 mm Dicke auf 9 mm Dicke ausgewalzt wurden.

Verzeichniß.

gemachte Angaben

Dehnung auf 100 mm %				Dehnung auf 200 mm %				Querschnittsverminderung %			
längs		quer		längs		quer		längs		quer	
Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel	Einzelwerthe	Mittel
50,0 54,0	52,0	52,0 50,0	51,0	43,0 46,0	44,5	45,0 43,5	44,3	81,9 82,6	82,3	75,8 74,2	75,0
—	53,0	—	46,0	—	45,5	—	40,5	—	64,5	—	52,9
—	47,0	—	47,0	—	41,0	—	43,0	—	61,3	—	54,4
—	44,0	—	43,5	—	41,5	—	41,5	—	63,8	—	54,0
—	45,0	—	44,5	—	43,0	—	43,5	—	66,0	—	59,1
47,0 47,0	47,0	46,0 47,0	46,5	44,0 42,0	43,0	42,0 41,5	41,8	59,3 59,3	59,3	53,3 53,8	53,6
48,0 52,0	50,0	47,0 45,0	46,0	42,0 44,5	43,3	41,0 40,0	40,5	62,0 60,6	61,3	56,6 54,7	55,7
—	47,0	—	47,0	—	41,0	—	43,0	—	61,3	—	54,4
—	8,5 54,0	—	—	—	4,5 46,5	—	—	—	80,5 81,9	—	—
—	5,0 45,0	—	—	—	3,0 38,0	—	—	—	46,0 59,3	—	—
—	7,0 48,0	—	—	—	3,5 44,0	—	—	—	53,6 66,7	—	—

Platten geschnitten und vor der Prüfung ausgeglüht. Ihr Durchmesser betrug 12,5 mm.
beziehen sich immer die oberen auf den „hartgezogenen", die unteren auf den „geglühten" Zustand.

Die aus den 9 mm dicken Platten geschnittenen Probestücke von 1000 × 600 mm, in welchen die Langseiten mit der Walzrichtung gehen, wurden sorgfältig geglüht, dann in zwei gleiche Theile von je 500 × 600 mm zerschnitten und ein Theil in der Walzrichtung kalt in 5 Walzstichen auf $7\frac{1}{4}$ mm gewalzt.

Bis zur Dicke von 9 mm sind die Platten auf dem Reversirwalzwerk, also in hin- und hergehenden Walzstichen, von 9—$7\frac{1}{4}$ mm auf dem Schleppwalzwerk in gleichlaufenden Walzstichen gewalzt."

Fig. 1 veranschaulicht das Auswalzen des Blockes in zwei Stufen bis auf 9 mm Plattendicke und die Lage der Probeplatten von 600 × 500 (schraffirte Stellen) in der aus der ersten Walzstufe hervorgegangenen Platte.

Die Lage der beiden Probeplatten zu einander war durch die Nummerstempelung gekennzeichnet. Fig. 2 giebt als Beispiel die Bezeichnung der beiden Platten mit dem Materialzeichen VII. Das letztere war stets links in die obere Ecke der 9 mm dicken Probe eingeschlagen und die zusammengehörigen Kanten waren durch gleichartige Nummerbezeichnung an den vier gegenüberliegenden Ecken gekennzeichnet, in Fig. 2 durch die Nummern 8.

Ueber die Herstellung der Rundstangen liegen folgende Angaben vor: „Das Rundkupfer ist in gleicher Weise raffinirt wie das Kupfer zu den Platten. Die Gußblöcke von

ca. 200 mm Durchmesser wurden rothwarm auf ca. 26 mm gewalzt, dann auf 23 mm kaltgewalzt bezw. kaltgezogen. Die in diesem Zustande verbliebenen Stangen sind mit H bezeichnet, während die mit G bezeichneten ausgeglüht wurden."

Für die hier zu besprechenden Untersuchungen wurden zunächst die drei Sorten Rundkupfer IX—XI sowie die Plattensorten I, II und VI ausgewählt, und zwar die Platten I, weil sie nach Angabe des Hüttenwerkes ebenso wie das Rundkupfer IX nach einem besonderen Verfahren erzeugt wurden, die Platten II und VI, um Material mit möglichst verschiedenem Kupfergehalt bezw. Gehalt an fremden Beimengungen zur Untersuchung heranzuziehen.

Wie schon gesagt wurde, lag von den Platten sowohl wie von dem Rundkupfer geglühtes und durch Walzen bezw. Ziehen im kalten Zustande mechanisch gehärtetes Material vor. Um nun für die Untersuchung des Einflusses der mechanischen Bearbeitung möglichst umfangreiches Material zur Verfügung zu haben, wurde für die Platten ein dritter Zustand

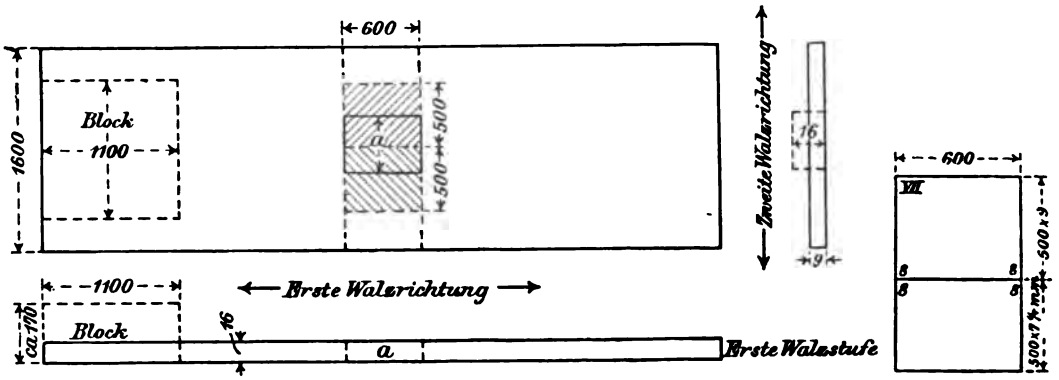


Fig. 1. Fig. 2.

dadurch geschaffen, daß ein Theil der Proben aus den geglühten Blechen vor der Prüfung kalt abgehämmert wurde. Die Dicke der Platten wurde hierbei von ursprünglich etwa 9 mm auf etwa 7 mm heruntergebracht.

Die Zerlegung der Platten erfolgte in der Versuchsanstalt auf der Hobelmaschine oder mittels Kaltsäge nach Maßgabe des in Fig. 3 gegebenen Zerlegungsplanes. Von den geglühten, etwa 9 mm dicken Platten wurden 2 Streifen von 163 mm Breite und von den kaltgewalzten, etwa $7\frac{1}{4}$ mm dicken Platten wurde ein solcher Streifen parallel zu den 600 mm langen Kanten abgetrennt. Der Streifen A aus der geglühten Platte wurde, wie schon erwähnt ist, auf 7 mm Dicke kalt heruntergehämmert und dann wurden von jedem der drei Streifen 18 Abschnitte von etwa 25 mm Breite in der Richtung der kurzen Kante, also in der Walzrichtung der Platte, für Zerreißproben abgetrennt. Alles übrige Material wurde aufbewahrt, nachdem die einzelnen Stücke so gezeichnet waren, daß ihre ursprüngliche Lage in der Platte auch nachträglich noch festgestellt werden konnte.

Sämmtliche Probestreifen, deren Gesammtzahl $3 \times 18 \times 3 = 162$ Stück betrug, wurden mit laufenden Nummern von 1—162 versehen, und zwar wurden diese Nummern, um Verwechselungen zu vermeiden, vor dem Zerlegen der Platten eingeschlagen. Wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, erhielten die Proben aus der

Platte I die Nr. 1—54
Platte II die Nr. 55—108 und aus
Platte VI die Nr. 109—162.

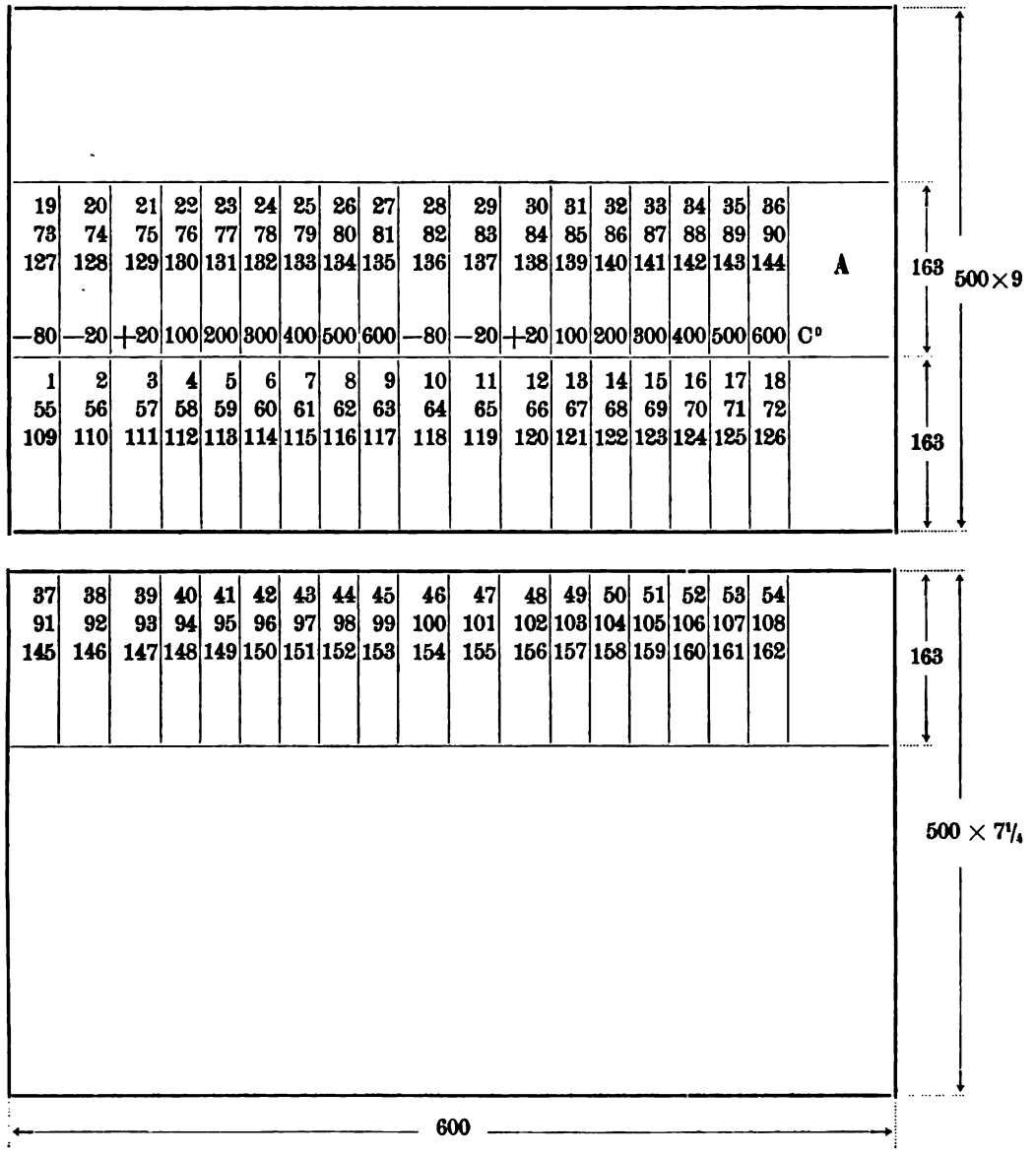


Fig. 3. Plan für die Zerlegung der Platten.

Bei allen drei Materialien wurde die Nummerirung stets mit den geglühten Proben begonnen, dann folgten die geglühten und gehämmerten und schließlich die kaltgewalzten Proben.

Von dem Rundkupfer wurden ebenfalls für jedes der drei Materialien und für jeden der beiden Bearbeitungszustände 18 Proben hergerichtet. Sie wurden immer von zwei gleichartigen Stangen, mit der hartgezogenen beginnend, hinter einander entnommen und in der Reihenfolge der Entnahme ebenfalls mit laufenden Nummern 1—108 versehen.

Die Proben aus den Platten erhielten die Form kleiner Flachstäbe nach Maßgabe von Fig. 4; diejenigen aus den Rundstangen die Form kleiner Rundstäbe mit den in Fig. 5

angegebenen Abmessungen. Es sind dies dieselben Stabformen, die auch bei früheren Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften der Metalle angewendet wurden, über die ich in den „Mittheilungen" 1893, Heft 6 berichtet habe.

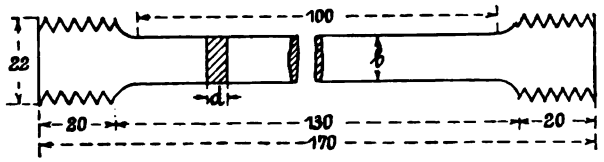


Fig. 4.

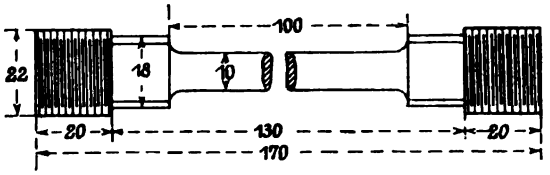


Fig. 5.

Die Prüfung erfolgte bei 9 verschiedenen Wärmegraden von annähernd — 80, — 20, + 20, 100, 200, 300, 400, 500 und 600 C°, und zwar wurden bei jedem Wärmegrad 2 Versuche angestellt. Die Vertheilung der einzelnen Plattenproben auf die verschiedenen Wärmezustände ist aus den in Fig. 3 eingetragenen Wärmegraden zu ersehen. Die gleichartig zu prüfenden Stücke wurden demnach an verschiedenen Stellen der Platten entnommen, um den Einfluß etwaiger Ungleichartigkeiten im Material möglichst auszuscheiden. Aus demselben Grunde wurden auch immer die 9 hinter einander aus den Stangen entnommenen Proben der Reihe nach auf die Versuche bei den 9 verschiedenen Wärmegraden vertheilt.

B. Die Versuchsausführung.

Sämmtliche Versuche wurden bei senkrechter Lage der Stäbe auf der 50 t-Maschine (Bauart A. Martens) ausgeführt, wobei die Probestäbe, abgesehen von den bei Zimmerwärme geprüften, in einem Bade sich befanden, dessen Wärmegrad während der ganzen Dauer des Versuches möglichst gleichbleibend erhalten wurde.

Die Versuche bei — 20 C° bis herauf zu 400 C° wurden unter Benutzung von Martens'schen Spiegelapparaten zur Ermittelung der Proportionalitätsgrenze und der Dehnungen bis zur Streckgrenze ausgeführt. Bei — 80 C° konnten die Spiegelapparate nicht an den Probestab angelegt werden, worauf ich noch zurückkomme, und bei Wärmegraden über 400 C° wurde von Anwendung der Spiegelapparate Abstand genommen, nachdem die voraufgegangenen Versuche dargethan hatten, daß schon bei 400 C° keine Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung mehr bestand.

Die zu den Versuchen bei 100 bis 400 C° benutzte Anordnung ist aus Fig. 6 zu ersehen. Die Probestäbe waren ebenso wie bei den oben erwähnten früheren Versuchen mit den Verlängerungsstangen V_1 und V_2, deren kopfartig ausgebildete Enden mittels Kugellager in der Zerreißmaschine festgelegt wurden, verbunden und zwar am unteren Ende mit Hülfe der Mutter M, während das obere Ende des Stabes unmittelbar in das Verlängerungsstück eingeschraubt wurde. V_1 ging durch den Boden des Gefäßes zur Aufnahme des Wärmebades und war durch einen Kegel und Ueberwurfmutter in dem Boden des Gefäßes abgedichtet. Das Wärmebad wurde nach dem Einhängen des Stabes mit dem Ofen in die Zerreißmaschine in den inneren Ofenraum O hineingegossen und mit Hülfe von zwei an Gebläse angeschlossenen Schlitzbrennern und zwei einfachen Bunsenbrennern, welche durch Aussparungen in dem äußeren Ofenmantel auf das innere Gefäß gerichtet waren, bis auf

den gewünschten Wärmegrad erhitzt und durch Regelung der Flammen in diesem Zustande während der Dauer des Versuches erhalten.

Die Spiegelapparate zur Messung der Dehnung waren zwischen den bei m m und m^1 m^1 in Nuthen paarweise an den Probestab angelegten und durch den übergeschobenen Ring r zusammengehaltenen stählernen Federn an deren oberem Ende eingeklemmt. Als Wärmebad diente bei 100 und 200 C° Paraffin und bei 300 und 400 C° ein Gemisch von Kali- und Natronsalpeter zu gleichen Theilen.

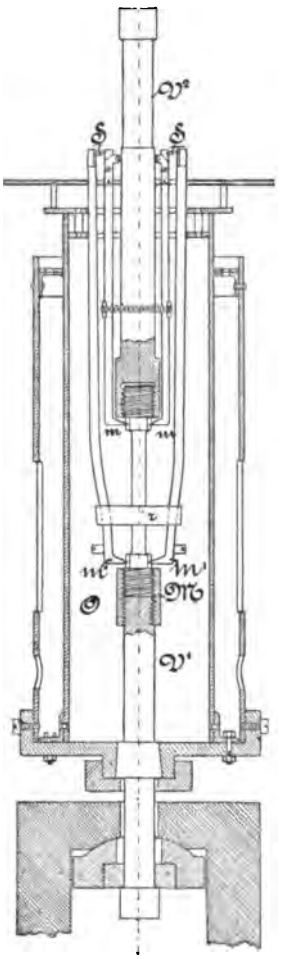


Fig. 6.

Zu den Versuchen bei 500 und 600 C° wurde ein neuer Ofen, Bauart A. Martens, verwendet. Bei ihm war das innere Gefäß, welches wie beim alten Ofen die Probe und das Wärmebad aufnahm, doppelt ummantelt. Die Heizgase, durch sechs unter dem Ofen angebrachte Bunsenbrenner erzeugt, stießen zunächst gegen den Boden des inneren Gefäßes, stiegen dann zwischen letzterem und dem inneren Mantel nach oben, nahmen ihren Weg zwischen den beiden Ummantelungen abwärts und zogen schließlich durch ein Rohr ab, welches unmittelbar über dem Boden der Ummantelung angebracht war. Durch diese Führung der Heizgase wurde erreicht, daß die Wärme im unteren und oberen Theil des Bades bis auf wenige Grade gleich groß war. Bei dem alten Ofen konnte dieser Zustand bei Anwendung von Salpeterbädern und Wärmegraden über 400 C° nicht erreicht werden. Als Wärmebad diente auch bei diesen Versuchen ein Gemisch von Kali- und Natronsalpeter.

Zur Erzeugung der Kälte von — 80 C° diente feste Kohlensäure. Der Stab steckte beim Versuch in einem schlauchartigen Ueberzuge aus doppelt gelegtem Sammet, sodaß die Kohlensäure durch wiederholtes Kneten des Schlauches gleichmäßig um den Stab vertheilt werden konnte. Je nach Bedarf wurde sie erneuert. Elasticitätsbestimmungen waren bei diesen Kaltversuchen ausgeschlossen, weil das erforderliche Ankneten der festen Kohlensäure an den Stab die Anbringung von Feinmeßapparaten nicht zuließ.

Die Versuche bei — 20 C° wurden unter Anwendung einer Kältemischung aus gestoßenem Eis und Kochsalz ausgeführt.

Die Bestimmung der Versuchswärme von — 80 bis 400 C° erfolgte mit Hülfe von Thermometern. Die höheren Wärmegrade wurden mittels eines Thermoelementes, bestehend aus Kupfer- und Constantan-Draht, gemessen, welches die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in dankenswerther Weise nebst dem zugehörigen Galvanometer herlieh.

C. Die Versuchsergebnisse.

1. Dehnung bis zum Fließen.

Die mit Hülfe von Spiegelapparaten bis zum Fließen beobachteten Dehnungen sind in Tab. 2 zusammengestellt, und zwar enthält die Tabelle die Dehnungszunahmen in 0,0001 mm für je 200 kg Laststeigerung, beobachtet von 100 kg Anfangsbelastung ab.

Vergleicht man zunächst die Ergebnisse der zusammengehörigen Parallelversuche, so zeigt sich, daß sie im Allgemeinen gut übereinstimmen und zwar um so besser und bis zu um so höheren Belastungen hinauf, je geringer die Wärmegrade waren, bei denen die Versuche ausgeführt wurden. Die gute Uebereinstimmung bei niederen Wärmegraden zeugt sowohl von Gleichartigkeit des Materials an den verschiedenen Stellen der Stangen und Platten als auch von der Zuverlässigkeit der Versuchsausführung. Daß aber bei höheren Wärmegraden größere Abweichungen vorkamen, dürfte damit erklärt werden können, daß die Parallelversuche nicht immer bei vollkommen gleichen Wärmegraden ausgeführt wurden. Wie aus Tab. 2 zu ersehen ist, waren die Abweichungen von der beabsichtigten Versuchswärme nicht groß, sie mußten aber bei höheren Wärmegraden mehr ins Gewicht fallen, weil hier Wärmeunterschiede die Festigkeitseigenschaften und besonders auch die Dehnungen für gleiche Spannungen mehr beeinflußten als bei niederen Wärmegraden.

Um nun die in Tab. 2 zusammengestellten Ergebnisse übersichtlicher zu gestalten, sind die Mittelwerthe für das mechanisch gehärtete Material in Fig. 7—15 durch Schaulinien

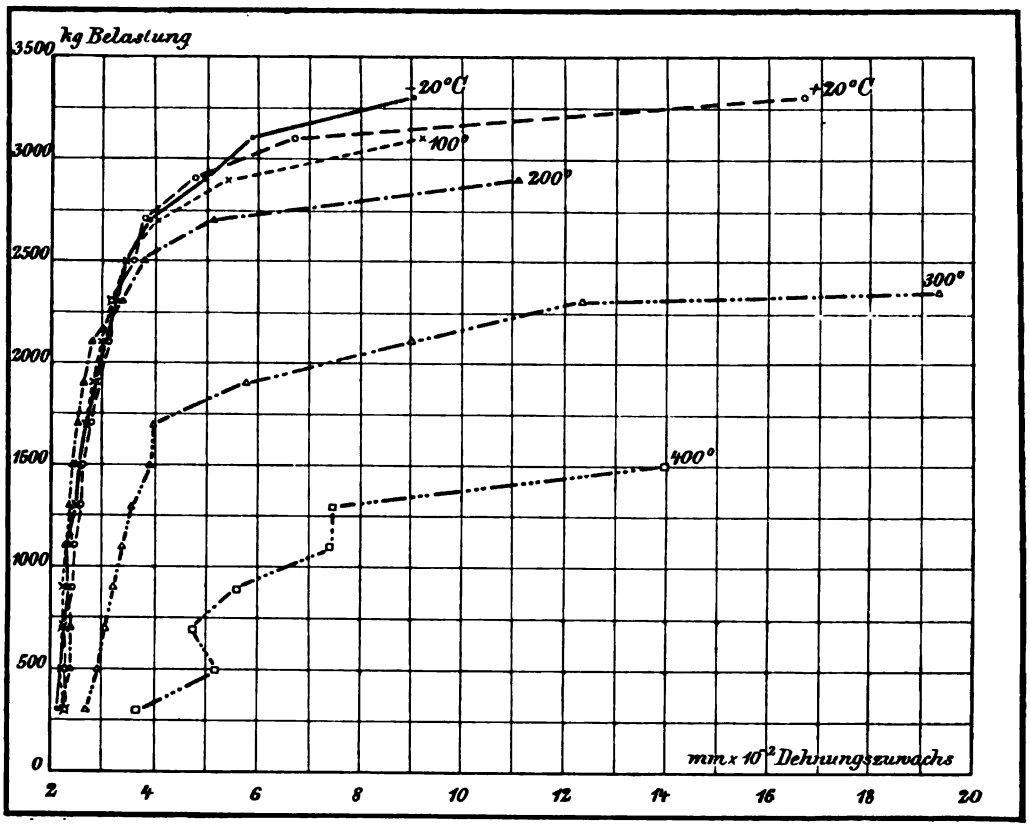


Fig. 7. Rundkupfer IX, hartgezogen.

dargestellt, indem die Belastungen als Ordinaten und die zugehörigen Dehnungsstufen als Abscissen aufgetragen wurden. Die Auftragung nach den Belastungen statt nach den Spannungen erschien zulässig, weil die Querschnittsabmessungen der einzelnen Proben nur wenig von einander abwichen (s. Tab. 3).

Aus dem Verlauf dieser Schaulinien ergiebt sich, daß

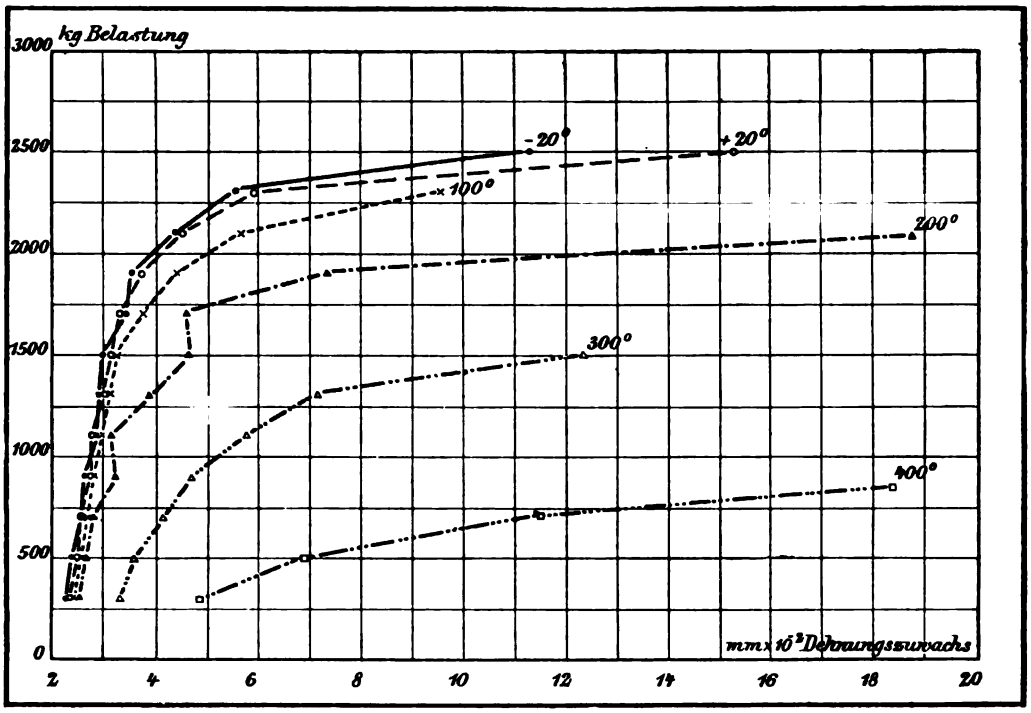


Fig. 8. Rundkupfer X, hartgezogen.

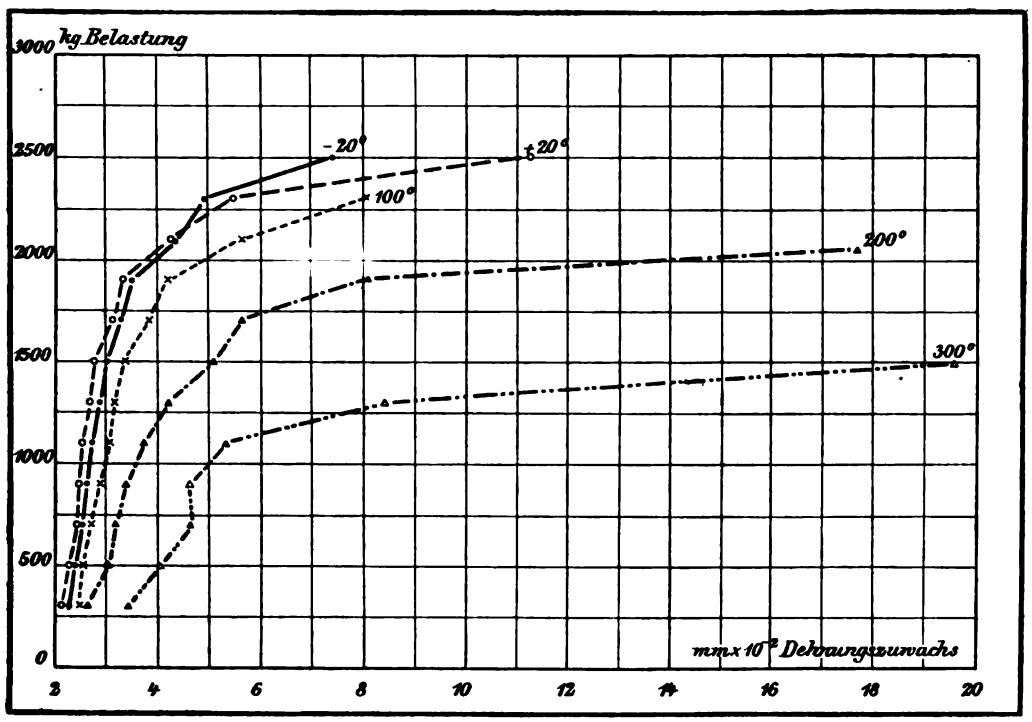


Fig. 9. Rundkupfer XI, hartgezogen.

die Dehnungen für gleiche Belastungen im Allgemeinen bei allen untersuchten sechs Kupfersorten mit steigender Versuchswärme zunehmen.

Am meisten tritt dieser Einfluß der Wärme bei dem Rundkupfer XI (Fig. 9) und bei dem in Plattenform eingelieferten Material VI (Fig. 14 u. 15) zu Tage; denn bei diesen beiden Materialien liegen die einzelnen Schaulinien, welche sämmtlich denselben Nullpunkt haben, abgesehen von denjenigen für — 20 C°, schon von den geringsten Belastungen ab um so weiter nach rechts, je größer die zugehörige Versuchswärme war. Bei den übrigen

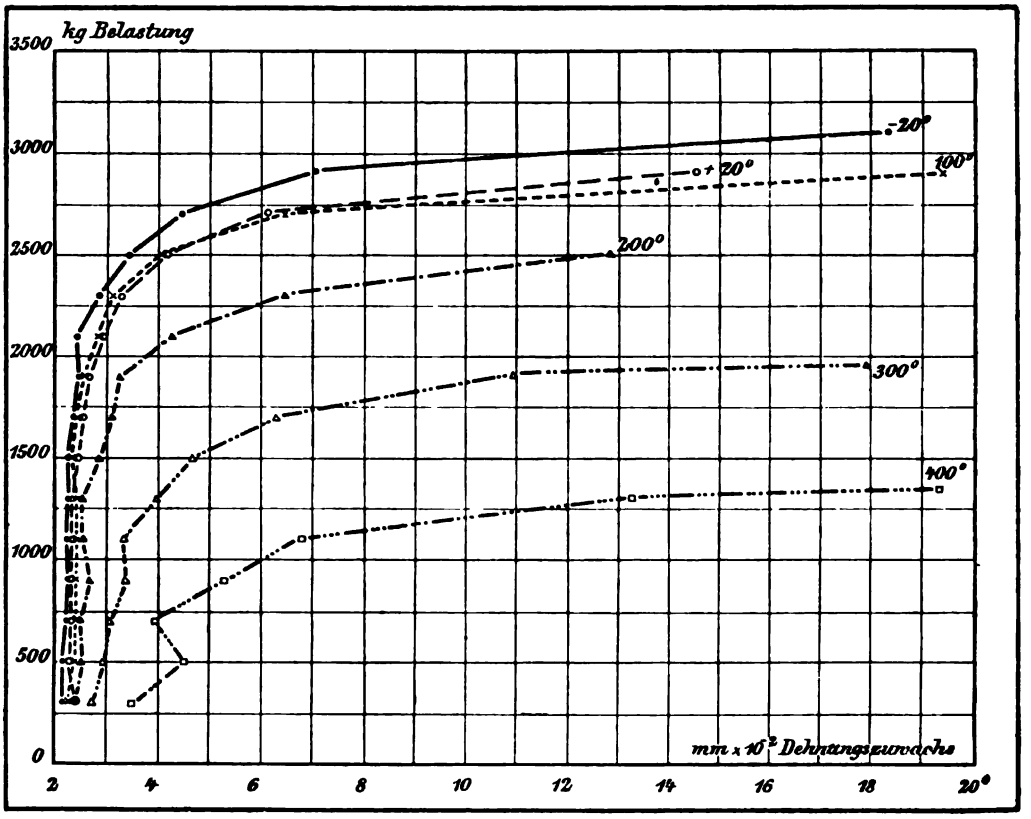


Fig. 10. Platte I, geglüht und kalt gehämmert.

untersuchten Materialien und ganz besonders bei dem Rundkupfer IX (Fig. 7) fallen die Schaulinien für — 20 bis 100 C°, bei IX sogar bis 200 C°, für niedere Belastungen mehr oder weniger vollkommen zusammen, sodaß der Einfluß der Wärme zwischen — 20 und 100 bezw. 200 C° bei diesen Proben erst bei höheren Belastungen bemerkbar wird.

Bringt man diese Beobachtung mit dem Kupfergehalt des Materials in Beziehung, der nach Tab. 1 für die beiden Sorten Rundkupfer X (Fig. 8) und XI (Fig. 9) im Mittel 99,29 % und 99,45 % und für die beiden Plattensorten II (Fig. 12 u. 13) und VI (Fig. 11 u. 15) 98,88 % bezw. 99,80 % beträgt (vergl. auch Tab. 6), so ergiebt sich,

daß sowohl von den beiden Rundstangen als auch von den beiden Platten, diejenige mit dem höheren Kupfergehalt dem Einfluß der Wärme in stärkerem Grade unterlag und zwar gilt dies nicht nur

nach den Schaulinien Fig. 7—15 für das durch mechanische Bearbeitung gehärtete, sondern nach Tab. 2 auch für das geglühte Material.

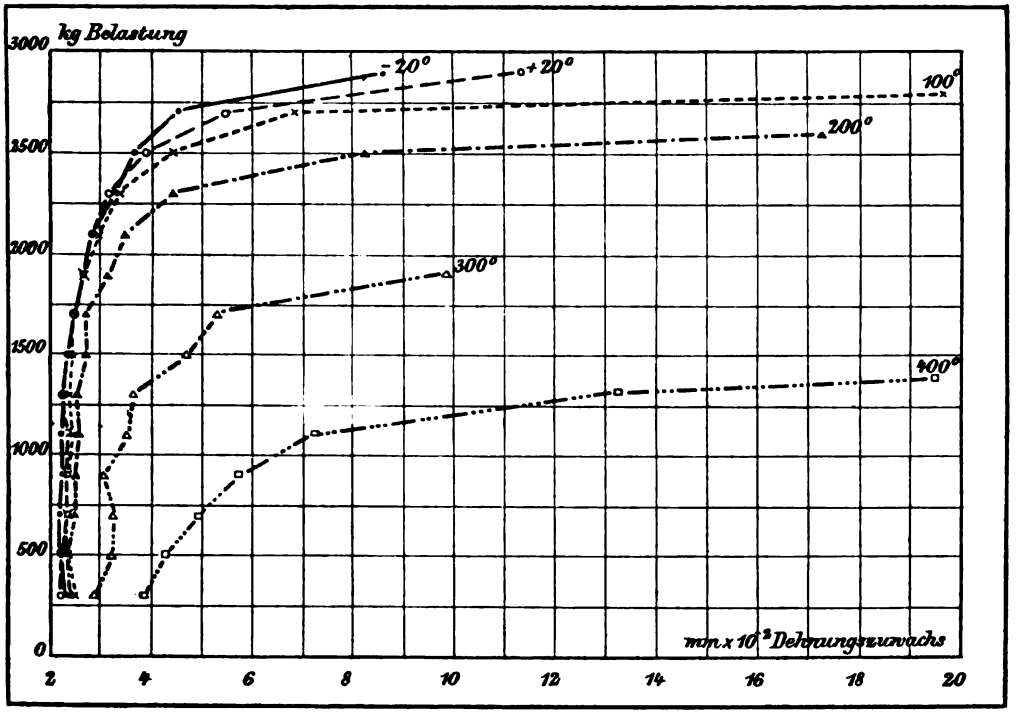


Fig. 11. Platte I, hartgewalzt.

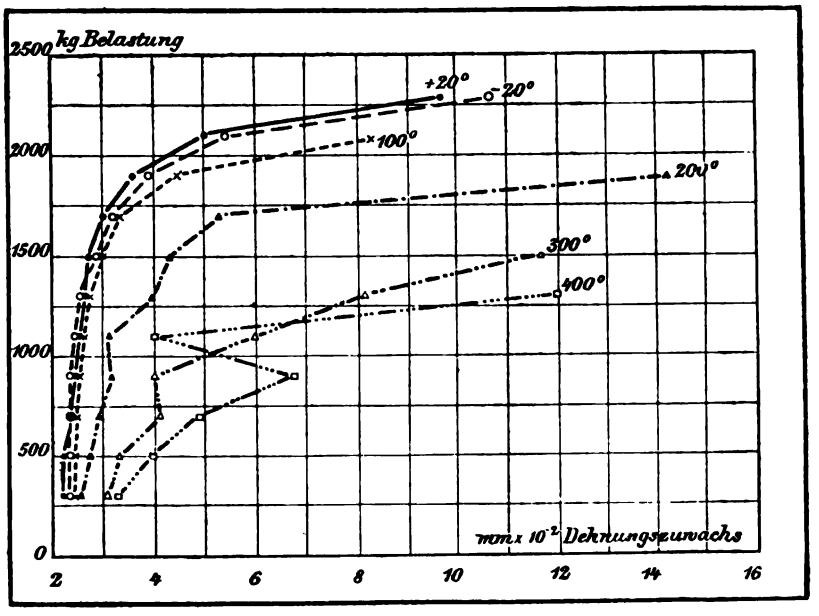


Fig. 12. Platte II, geglüht und kalt gehämmert.

Die Schaulinien Fig. 10 u. 11, 12 u. 13 ſowie 14 u. 15, von denen immer die erſtgenannte jedes Paares für das gehämmerte und die zweite für daſſelbe Material im

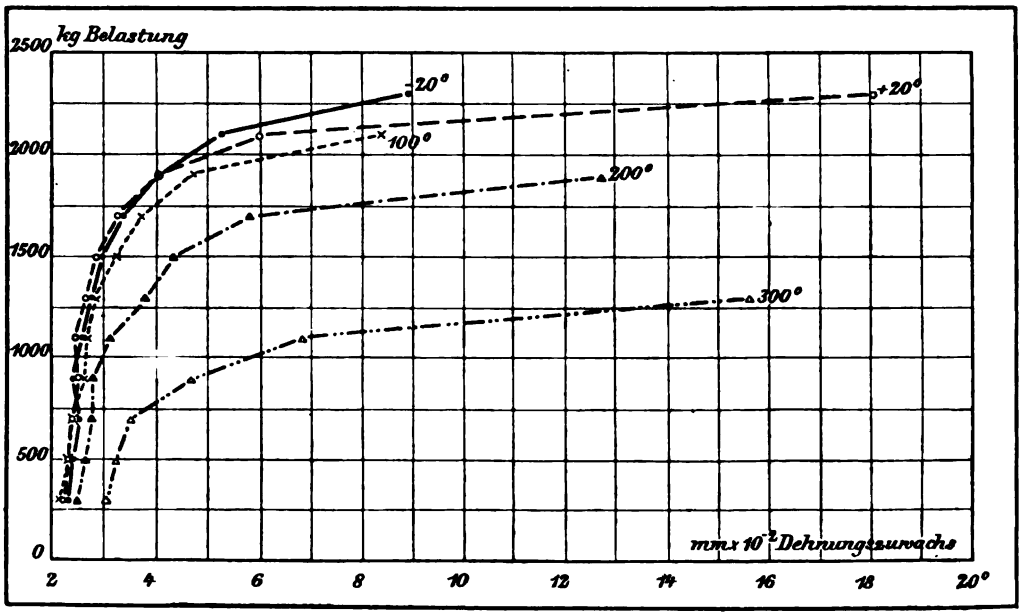


Fig. 13. Platte II, hartgewalzt.

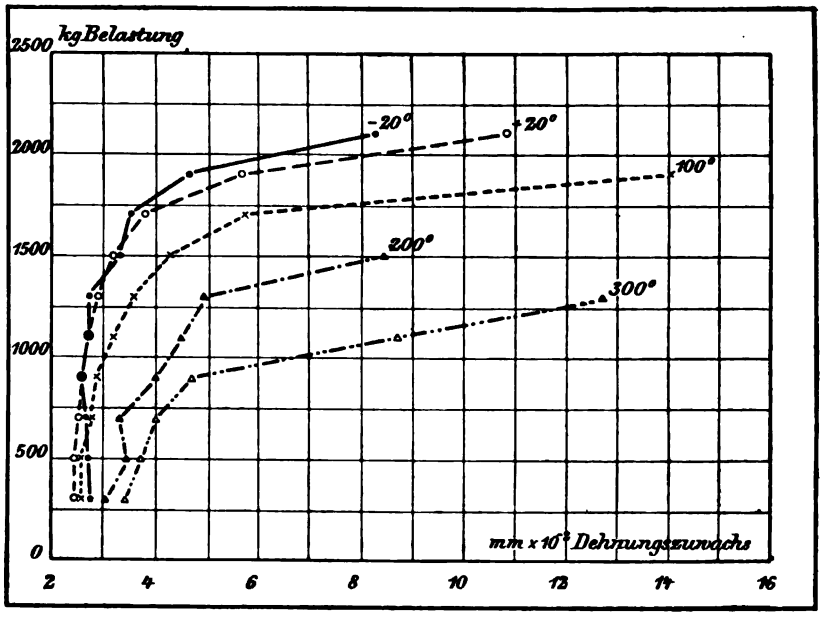


Fig. 14. Platte VI, geglüht und kalt gehämmert.

kalt gewalzten Zuſtande gilt, ſtimmen in ihrem Verlauf gut überein, zum Theil fallen ſie, wenn man die Figuren auf einander legt, vollſtändig zuſammen. Hieraus folgt,

daß die Materialien hinſichtlich ihrer Dehnbarkeit innerhalb der Streckgrenze und hinſichtlich des Einfluſſes der Wärme auf dieſe

Tabelle 2. Ergebnisse der Dehnungsmessungen mittels Spiegelapparaten.

1. Material: Rundstangen IX.

Wärmestufe	a) hartgezogen																b) geglüht			
	Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs in 0,0001 mm für je 200 kg Belastungszuwachs bei den Gesammtbelastungen in kg														Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs	
			300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900	3100			300	500
— 20	2	— 23	216	226	223	240	223	246	251	265	285	305	315	345	370	485	520	20	— 23	255	434
	11	— 20	216	220	227	230	240	249	262	277	285	304	326	351	403	507	660	29	— 24	257	442
	Mittel	**— 21,5**	**216**	**223**	**225**	**235**	**232**	**248**	**257**	**271**	**285**	**305**	**321**	**348**	**387**	**496**	**590**	Mittel	**— 23,5**	**256**	**438**
+ 20	3	21,5	222	236	215	235	242	254	247	271	288	297	318	362	370	467	639	21	22,0	246	527
	12	18,5	223	220	232	242	250	258	269	274	285	307	316	351	387	490	700	30	17,0	243	455
	Mittel	**20,0**	**223**	**228**	**224**	**239**	**246**	**256**	**258**	**273**	**287**	**302**	**317**	**357**	**379**	**479**	**670**	Mittel	**19,5**	**245**	**491**
+ 100	4	100	224	215	222	224	230	241	255	265	278	299	311	346	394	549	803	22	100,5	279	588
	13	100	220	227	230	226	239	243	254	267	285	298	323	350	410	535	1045	31	99,5	281	1119
	Mittel	**100**	**222**	**221**	**226**	**225**	**235**	**242**	**255**	**266**	**282**	**299**	**317**	**348**	**402**	**542**	**924**	Mittel	**100**	**280**	**854**
+ 200	5	201	227	239	242	234	245	249	254	260	252	278	320	373	507	890	—	23	198,5	255	4014
	14	198	—	224	226	236	230	230	240	250	276	282	332	380	525	1330	—	32	194,0	255	276
	Mittel	**199,5**	**[227]**	**232**	**234**	**235**	**238**	**240**	**247**	**255**	**264**	**280**	**326**	**377**	**516**	**1110**	—	Mittel	**196,5**	**255**	**2145**
+ 300	6	302	274	294	311	322	347	343	412	422	542	847	1236	3454	—	—	—	24	299	327	2994
	15	297	265	288	297	317	329	465	367	370	614	948	1228	3550	—	—	—	33	298	342	3748
	Mittel	**299,5**	**270**	**291**	**304**	**320**	**338**	**354**	**390**	**396**	**578**	**898**	**1232**	**3502**	—	—	—	Mittel	**298,5**	**335**	**3371**
+ 400	7	406	414	581	535	636	890	870	1690	—	—	—	—	—	—	—	—	25	400	450	—
	16	383	328	462	421	485	597	623	1100	—	—	—	—	—	—	—	—	34	400	—	—
	Mittel	**394,5**	**371**	**522**	**478**	**561**	**744**	**747**	**1395**	—	—	—	—	—	—	—	—	Mittel	**400**	**[450]**	

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Tabelle 2 (Fortsetzung).

2. Material: Rundstangen X.

Wärmestufe	a) hartgezogen														b) geglüht			
	Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs in 0,000 mm für je 200 kg Belastungszuwachs bei den Gesammtbelastungen in kg												Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs	
			300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500			300	500
— 20	38	— 23,5	226	236	253	261	284	275	299	334	345	429	511	770	56	— 23	518	3777
	47	— 24,2	228	239	260	268	280	304	300	345	367	451	593	1473	65	— 20	535	3570
	Mittel	**— 23,9**	**227**	**238**	**257**	**265**	**282**	**290**	**300**	**340**	**356**	**440**	**552**	**1122**	**Mittel**	**— 21,5**	**527**	**3674**
+ 20	39	19,5	229	251	258	275	272	297	309	333	360	443	531	923	57	19,5	290	371
	48	18,5	228	242	256	269	278	289	313	334	380	445	645	2130	66	16,0	433	4290
	Mittel	**19,0**	**229**	**247**	**257**	**272**	**275**	**293**	**311**	**334**	**370**	**444**	**588**	**1527**	**Mittel**	**17,8**	**362**	**2290**
+ 100	40	99,5	239	247	261	279	291	303	303	388	417	510	770	—	58	100	427	3611
	49	100	234	244	260	267	297	320	343	383	464	618	1140	—	67	100	430	3179
	Mittel	**100**	**237**	**246**	**261**	**273**	**294**	**312**	**323**	**386**	**441**	**564**	**955**	**—**	**Mittel**	**100**	**429**	**3395**
+ 200	41	200	248	258	278	355	289	340	410	472	813	1285	—	—	59	196	1318	—
	50	200	240	267	275	290	346	442	528	447	650	2690	—	—	68	200	—	—
	Mittel	**200**	**244**	**263**	**277**	**323**	**318**	**391**	**469**	**460**	**732**	**1988**	**—**	**—**	**Mittel**	**198**	**[1818]**	**—**
+ 300	42	296	352	373	426	496	627	740	1469	—	—	—	—	—	60	300	1154	—
	51	295	317	347	408	441	532	700	1000	—	—	—	—	—	69	308	861	—
	Mittel	**295,5**	**335**	**360**	**417**	**469**	**580**	**720**	**1235**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**Mittel**	**304**	**1008**	**—**
+ 400	43	405	(2187)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61	405	2910	—
	52	386	484	687	1150	2450	—	—	—	—	—	—	—	—	70	400	1843	—
	Mittel	**396**	**[484]**	**[687]**	**[1150]**	**[2450]**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**Mittel**	**402,5**	**2377**	**—**

Tabelle 2 (Fortsetzung).

3. Material: Rundstangen XI.

Wärmestufe	a) hartgezogen													b) geglüht			
	Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs in 0,0001 mm für je 200 kg Belastungszuwachs bei den Gesammtbelastungen in kg											Stab Nr.	Versuchswärme	Dehnungszuwachs	
			300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300			300	500
— 20	74	— 23	221	238	250	258	274	290	294	328	346	432	526	92	— 22,5	419	3426
	83	— 24	223	234	245	263	267	281	303	325	355	434	448	101	— 20	403	1719
	Mittel	**— 23,5**	**222**	**236**	**248**	**261**	**271**	**286**	**299**	**327**	**351**	**433**	**487**	Mittel	**— 21,3**	**411**	**2573**
+ 20	75	20	228	243	263	267	277	293	294	343	356	429	529	93	20,0	733	6261
	84	21	196	211	222	226	239	244	262	291	310	422	560	102	18,0	288	497
	Mittel	**20,5**	**212**	**227**	**243**	**247**	**258**	**269**	**278**	**317**	**333**	**426**	**545**	Mittel	**19,0**	**511**	**3379**
+ 100	76	100	233	249	276	282	315	314	333	371	421	563	792	94	100	653	7867
	85	100	269	259	264	291	299	324	345	398	417	562	820	103	100	613	—
	Mittel	**100**	**251**	**254**	**270**	**287**	**307**	**319**	**339**	**385**	**419**	**563**	**806**	Mittel	**100**	**633**	**[7867]**
+ 200	77	204	277	290	297	328	355	400	525	625	840	—	—	95	201	696	—
	86	193	250	325	338	349	392	[445]	[498]	505	780	2350	—	104	201,2	1276	—
	Mittel	**198,5**	**264**	**308**	**318**	**339**	**374**	**[423]**	**[512]**	**565**	**810**	**[2350]**	—	Mittel	**201,1**	**986**	—
+ 300	78	303	355	410	517	436	626	790	2280	—	—	—	—	96	300	1013	—
	87	298	327	404	461	490	441	899	1635	—	—	—	—	105	295	1298	—
	Mittel	**300,5**	**341**	**407**	**469**	**463**	**534**	**845**	**1958**	—	—	—	—	Mittel	**297,5**	**1156**	—
+ 400	79	396	1282	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97	400	477	6523
	88	396	3560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	106	395	1571	—
	Mittel	**396**	**2421**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Mittel	**397,5**	**1024**	**[6523]**

Tabelle 2

4. Material:

Wärmestufe	a) geglüht					b) geglüht und dann gehämmert												
			Dehnungszuwachs in 0,0001 mm für je 200 kg															
	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	700	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500
− 20	2	− 23	219	214	250	20	− 23	215	219	223	227	224	229	225	246	231	257	289	342
	11	− 23,3	217	253	573	29	− 24	218	217	221	223	218	222	224	229	258	229	285	341
	Mittel	**− 23,2**	**218**	**234**	**412**	Mittel	**− 23,5**	**217**	**218**	**222**	**225**	**221**	**226**	**225**	**238**	**245**	**243**	**287**	**342**
+ 20	3	16,5	210	285	751	21	18,0	220	223	224	226	229	234	241	253	263	290	337	431
	12	17,0	213	295	973	30	17,5	248	233	232	233	237	237	243	252	263	288	325	398
	Mittel	**16,8**	**212**	**290**	**862**	Mittel	**17,8**	**234**	**228**	**228**	**230**	**233**	**236**	**242**	**253**	**263**	**289**	**331**	**415**
+ 100	4	99,5	325	563	1405	22	99,5	234	234	240	239	240	239	237	243	252	282	326	423
	13	101,0	283	383	2037	31	100,5	229	237	234	233	232	231	238	245	245	284	301	401
	Mittel	**100,3**	**304**	**473**	**1721**	Mittel	**100,0**	**232**	**236**	**237**	**236**	**236**	**235**	**238**	**244**	**249**	**283**	**314**	**412**
+ 200	5	201,5	220	251	1206	23	201,3	241	243	242	256	256	237	285	325	327	430	633	1780
	14	205,0	242	409	4175	32	204	238	252	242	277	250	258	283	303	328	425	652	735
	Mittel	**203,3**	**231**	**330**	**2691**	Mittel	**202,7**	**240**	**248**	**242**	**267**	**253**	**248**	**284**	**314**	**328**	**428**	**643**	**1258**
+ 300	6	298	293	608	6642	24	298,5	267	300	314	324	354	411	439	632	1180	3900	—	—
	15	300	322	871	—	33	296,5	279	292	298	355	308	382	490	630	1010	—	—	—
	Mittel	**299**	**308**	**740**	**[6642]**	Mittel	**297,5**	**273**	**296**	**306**	**338**	**332**	**397**	**465**	**631**	**1095**	**[3900]**	—	—
+ 400	7	405	343	1264	—	25	400	363	498	351	567	709	1520	6030	—	—	—	—	—
	16	390	340	1303	—	34	400	332	397	433	487	650	1140	3850	—	—	—	—	—
	Mittel	**398**	**342**	**1284**	—	Mittel	**400**	**348**	**448**	**392**	**527**	**680**	**1330**	**4940**	—	—	—	—	—

5. Material:

− 20	56	− 23	270	820	—	74	− 23	234	231	230	229	241	240	259	285	368	491	949	—
	65	− 23	299	919	—	83	− 20	228	232	234	237	244	262	301	350	401	582	1188	—
	Mittel	**− 23**	**285**	**870**	—	Mittel	**− 21,5**	**231**	**232**	**232**	**233**	**243**	**251**	**280**	**318**	**385**	**537**	**1069**	—
+ 20	57	18,0	268	728	—	75	17,5	220	226	229	239	243	256	276	301	359	491	994	—
	66	19,0	331	946	—	84	19,5	227	228	235	242	248	256	276	299	357	502	942	—
	Mittel	**18,5**	**300**	**837**	—	Mittel	**18,5**	**224**	**227**	**232**	**241**	**246**	**256**	**276**	**300**	**358**	**497**	**968**	—
+ 100	58	99,8	261	373	-	76	99,7	264	246	244	248	258	273	296	332	428	745	—	—
	67	99,8	276	1169	—	85	99,6	204	232	236	244	249	277	299	343	463	915	—	—
	Mittel	**99,8**	**269**	**771**	—	Mittel	**99,7**	**234**	**239**	**240**	**246**	**254**	**275**	**298**	**338**	**446**	**830**	—	—
+ 200	59	203	259	1252	—	77	203	252	274	282	335	309	341	541	462	1314	—	—	—
	68	203	300	1948	—	86	200	253	268	295	295	299	444	315	587	1525	—	—	—
	Mittel	**203**	**280**	**1600**	—	Mittel	**201,5**	**253**	**271**	**289**	**315**	**304**	**393**	**428**	**525**	**1420**	—	—	—
+ 300	60	300	335	2262	—	78	297	292	313	398	394	440	641	1244	—	—	—	—	—
	69	302	333	3617	—	87	294	318	344	415	401	750	990	1090	—	—	—	—	—
	Mittel	**301**	**334**	**2940**	—	Mittel	**295,5**	**305**	**329**	**407**	**398**	**595**	**816**	**1167**	—	—	—	—	—
+ 400	61	395	508	—	—	79	397	422	539	690	1080	—	—	—	—	—	—	—	—
	70	400	397	8990	—	88	400	225	246	276	270	400	1200	—	—	—	—	—	—
	Mittel	**397,5**	**453**	**[8990]**	—	Mittel	**398,5**	**324**	**393**	**483**	**675**	**[400]**	**[1200]**	—	—	—	—	—	—

(Fortsetzung).

Platten I.

c) hart gewalzt

Belastungszuwachs bei den Gesammtbelastungen in kg

2700	2900	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900
438	695	38	— 23	217	214	223	220	229	229	243	252	265	298	329	394	557	900
450	719	47	— 24	240	238	225	228	220	228	234	241	256	269	331	350	453	820
444	**707**	Mittel	**— 23,5**	**229**	**226**	**224**	**224**	**225**	**229**	**239**	**247**	**261**	**284**	**330**	**372**	**455**	**860**
646	1487	39	17,0	217	222	222	224	231	229	235	245	257	278	315	388	537	1061
581	1420	48	17,5	233	225	224	224	227	231	236	248	262	284	322	393	555	1210
614	**1454**	Mittel	**17,3**	**225**	**224**	**223**	**224**	**229**	**230**	**236**	**247**	**260**	**281**	**319**	**391**	**546**	**1136**
700	2390	40	99,8	267	239	231	230	232	232	234	242	257	274	320	429	600	3250
596	1485	49	99,8	218	223	233	231	237	233	246	250	268	297	343	452	770	—
648	**1988**	Mittel	**99,8**	**243**	**231**	**232**	**231**	**235**	**233**	**240**	**246**	**263**	**286**	**332**	**441**	**685**	**[3250]**
—	—	41	196	231	227	242	236	255	244	258	252	275	330	422	643	2640	—
—	—	50	205	236	246	246	253	258	257	285	279	358	365	460	985	—	—
—	—	Mittel	**200,5**	**234**	**237**	**244**	**245**	**257**	**251**	**272**	**266**	**317**	**348**	**441**	**814**	**[2640]**	—
—	—	42	297	299	306	297	318	357	374	515	—	—	—	—	—	—	—
—	—	51	299	276	337	353	294	350	356	436	536	990	2280	—	—	—	—
—	—	Mittel	**298**	**288**	**322**	**325**	**306**	**354**	**365**	**476**	**[536]**	**[990]**	**[2280]**	—	—	—	—
—	—	43	400	386	427	536	614	785	1715	4130	—	—	—	—	—	—	—
—	—	52	400	385	424	447	537	670	940	2060	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Mittel	**400**	**386**	**426**	**492**	**576**	**728**	**1328**	**3095**	—	—	—	—	—	—	—

Platten II.

—	—	92	— 23,5	233	246	251	262	276	285	308	350	423	582	855	—	—	—
—	—	101	— 20,0	225	224	246	220	240	260	275	321	390	469	935	—	—	—
—	—	Mittel	**— 21,7**	**229**	**235**	**249**	**241**	**258**	**273**	**292**	**336**	**407**	**526**	**895**	—	—	—
—	—	93	18,5	226	232	241	252	244	267	291	330	408	595	1808	—	—	—
—	—	102	17,5	222	228	239	243	254	267	287	331	403	606	—	—	—	—
—	—	Mittel	**18,0**	**224**	**230**	**240**	**248**	**249**	**267**	**289**	**331**	**406**	**601**	**[1808]**	—	—	—
—	—	94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	103	100	213	231	240	257	265	277	328	372	477	840	—	—	—	—
—	—	Mittel	**[100]**	**[213]**	**[231]**	**[240]**	**[257]**	**[265]**	**[277]**	**[328]**	**[372]**	**[477]**	**[840]**	—	—	—	—
—	—	95	205	252	255	274	288	314	354	440	687	1303	—	—	—	—	—
—	—	104	204	245	272	278	269	320	408	426	485	1235	—	—	—	—	—
—	—	Mittel	**204,5**	**249**	**264**	**276**	**279**	**317**	**381**	**433**	**586**	**1269**	—	—	—	—	—
—	—	96	301	332	325	336	501	455	695	1560	—	—	—	—	—	—	—
—	—	105	302	277	323	337	434	484	675	1565	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Mittel	**301,5**	**305**	**324**	**337**	**468**	**470**	**685**	**1563**	—	—	—	—	—	—	—
—	—	97	385	434	805	1195	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	106	396	2265	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	Mittel	**390,5**	**1350**	**[805]**	**[1195]**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 2

6. Material:

Wärmestufe	a) geglüht				b) geglüht und dann gehämmert								
			Dehnungszuwachs in 0,0001 mm für je 200 kg										
	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	700	900	1100	1300	1500
— 20	110	— 20	310	2958	128	— 24	291	285	272	265	270	267	371
	119	— 23	464	2996	137	— 20	244	244	253	247	260	288	289
	Mittel	**— 21,5**	**387**	**2977**	**Mittel**	**— 22**	**268**	**265**	**263**	**256**	**265**	**278**	**330**
+ 20	111	17,0	288	1239	129	17,5	228	235	244	252	267	281	312
	120	18,5	296	935	138	20,0	256	250	258	257	272	298	327
	Mittel	**17,8**	**292**	**1087**	**Mittel**	**18,8**	**242**	**243**	**251**	**255**	**270**	**290**	**320**
+ 100	112	100	355	2926	130	100	235	244	271	284	315	357	442
	121	100	235	361	139	100	290	263	284	292	322	360	417
	Mittel	**100**	**295**	**1644**	**Mittel**	**100**	**263**	**254**	**278**	**287**	**319**	**359**	**430**
+ 200	113	196,7	481	6031	131	199	325	379	343	428	429	530	845
	122	200	484	—	140	208	277	307	317	375	468	465	840
	Mittel	**198,4**	**483**	**[6031]**	**Mittel**	**203,5**	**301**	**343**	**330**	**402**	**449**	**498**	**843**
+ 300	114	298	544	—	132	299	341	372	402	470	871	1274	—
	123	296	522	—	141	300	—	—	—	—	—	—	—
	Mittel	**297**	**533**	—	**Mittel**	**299,5**	**[341]**	**[372]**	**[402]**	**[470]**	**[871]**	**[1274]**	—
+ 400	115	396	611	—	133	400	Stäbe strecken bereits bei 100 kg Belastung						
	124	400	—	—	142	395							
	Mittel	**398**	**[611]**	—	**Mittel**	**397,5**	—	—	—	—	—	—	—

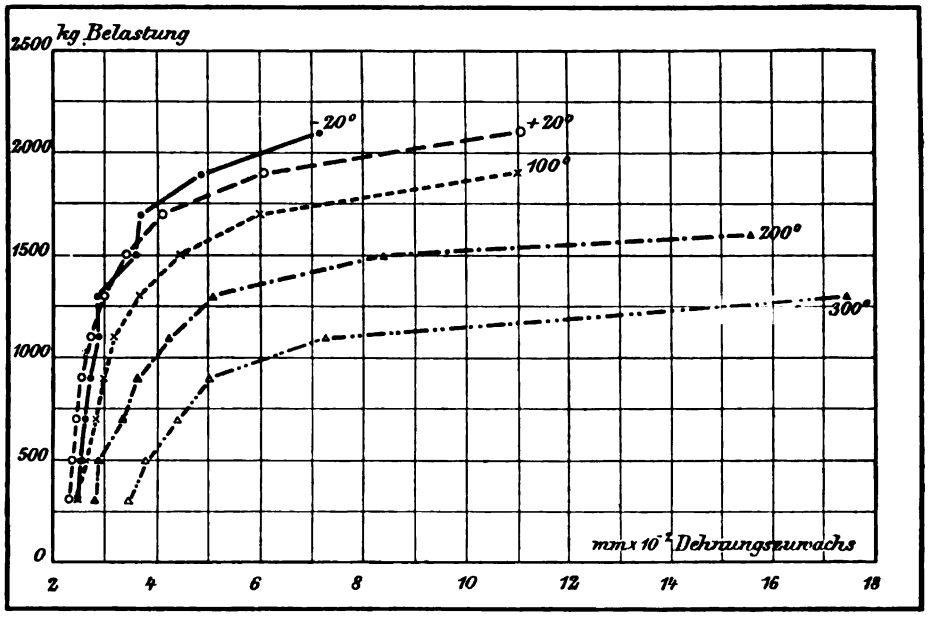


Fig. 15. Platte VI, hartgewalzt.

(Fortsetzung).

Platten VI.

			c) hart gewalzt											
Belastungszuwachs bei den Gesammtbelastungen in kg														
1700	1900	2100	Stab Nr.	Versuchswärme	300	500	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100
—	—	—	146	— 20	245	257	261	269	282	285	359	367	482	718
358	465	828	155	— 20	—	Spiegelapparate fielen bei Beginn des Versuches ab								
[358]	[465]	[828]	Mittel	— 20	[245]	[257]	[261]	[269]	[282]	[285]	[359]	[367]	[482]	[718]
360	597	1120	147	17	234	239	249	258	272	300	344	417	608	1103
400	537	1445	156	18,5	229	236	236	254	275	294	341	402	598	1105
380	**567**	**1283**	Mittel	17,8	**232**	**238**	**243**	**256**	**274**	**297**	**343**	**410**	**603**	**1104**
570	1510	—	148	99,5	236	255	273	297	324	378	468	618	1140	—
587	1296	—	157	100	250	269	293	292	312	358	428	581	1057	—
579	**1403**	—	Mittel	99,8	**243**	**262**	**283**	**295**	**318**	**368**	**448**	**600**	**1099**	—
—	—	—	149	201	290	292	328	365	405	515	920	—	—	—
—	—	—	158	201	273	281	343	367	443	507	760	3110	—	—
—	—	—	Mittel	201	**282**	**287**	**336**	**366**	**424**	**511**	**840**	[3110]	—	—
—	—	—	150	295	329	407	412	526	785	2120	—	—	—	—
—	—	—	159	299	363	352	468	475	665	1370	—	—	—	—
—	—	—	Mittel	297	**346**	**380**	**440**	**501**	**725**	**1745**	—	—	—	—
			151	388	} Stäbe strecken bereits bei 100 kg Belastung									
			160	400										
—	—	—	Mittel	394	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dehnbarkeit durch das Kalthämmern in den gleichen Zustand gebracht wurden, wie durch das Kaltwalzen. —

Die Versuchsergebnisse für die Spannungen an der Proportionalitätsgrenze, Streck- und Bruchgrenze, für die Bruchdehnungen, gemessen auf je 30 mm zu beiden Seiten des Bruches und auf 90 mm Gesammtlänge, sowie für die Querschnittsverminderungen sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Ferner sind in Tab. 4 u. 5 für die Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch sowie für die Bruchdehnung Verhältnißzahlen gegeben, welche unter Zugrundelegung der Mittelwerthe aus Tab. 3 gebildet wurden. Von ihnen stellen diejenigen in Tab. 4 den Einfluß der verschiedenen Wärmegrade auf die genannten Festigkeitseigenschaften eines und desselben Materials zahlenmäßig dar und zwar bezogen auf die bei Zimmerwärme (+ 20 C°) beobachteten Werthe. Die Verhältnißzahlen in Tab. 5 lassen den Einfluß erkennen, den die mechanische Bearbeitung, das Kaltziehen, Kaltwalzen und das kalte Hämmern, auf die Festigkeitseigenschaften der einzelnen Materialien bei den verschiedenen Wärmezuständen hat. Hierzu sind die Mittelwerthe für das geglühte Material gleich 100 gesetzt und diejenigen für den bearbeiteten Zustand hierauf bezogen.

Die Betrachtung der Werthe in Tab. 3—5 führt zu folgenden Schlüssen:

Tabelle 3. **Ergebnisse**

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
1	Rundkupfer IX: Hart gezogen	1	— 80	—	10,0	78,5	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft				
2		10		—	10,0	78,5	90					
Mittel		—		—	—	—	—					
3		2	— 20	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	3400	43,4
4		11		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	3300	42,0
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	42,7
5		3	+ 20	—	9,9	77,0	90	700	9,1	12900	3300	42,9
6		12		—	10,0	78,5	90	[600]	[7,6]	[12600]	3200	40,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	[8,4]	[12750]	—	41,9
7		4	+ 100	—	10,0	78,5	90	900	11,5	12700	3200	40,8
8		13		—	9,9	77,0	90	(900)	(11,7)	(12600)	3100	40,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	[11,5]	[12700]	—	40,6
9		5	+ 200	—	10,0	78,5	90	[1000]	[12,7]	[10800]	3000	38,2
10		14		—	10,0	78,5	90	[1300]	[16,6]	[11200]	2900	37,0
Mittel		—		—	—	—	—	—	[14,7]	[11000]	—	37,6
11		6	+ 300	—	10,0	78,5	90	300	3,8	9300	2300	29,3
12		15		—	10,0	78,5	90	[300]	[3,8]	[9700]	2300	29,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,8]	[9500]	—	29,3
13		7	+ 400	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	1500	19,1
14		16		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	1600	20,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	19,8
15		8	+ 500	—	10,2	81,7	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[450]	[5,5]
16		17		—	10,0	78,5	90				[500]	[6,4]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[6,0]
17		9	+ 600	—	10,2	81,7	90				[300]	[3,7]
18		18		—	10,0	78,5	90				[300]	[3,8]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[3,8]
19	Rundkupfer IX: Geglüht	19	— 80	—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
20		28		—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
21		20	— 20	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	600	7,6
22		29		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	600	7,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	7,6
23		21	+ 20	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	500	6,5
24		30		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	500	6,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	6,5
25		22	+ 100	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	500	6,5
26		31		—	9,9	77,0	90	desgl.		—	400	5,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,9

der Zugversuche.

Bruch-Grenze: Belastung Gesammt kg	Bruch-Grenze: Belastung σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}\cdot 100$	Bemerkungen
3525	44,9	23,8	10	12,9	8,7	69,7	—	
3450	43,9	20,4	30	14,3	9,9	74,0	—	—
—	44,4	—	—	13,6	9,3	71,9	—	
3550	45,2	23,8	15	13,9	9,3	69,7	—	
3450	43,9	21,2	20	16,4	11,3	73,0	—	—
—	44,6	—	—	15,2	10,3	71,4	96	
3475	45,1	22,9	15	12,1	7,8	70,3	—	
3325	42,4	22,1	45	12,5	8,3	71,9	—	—
—	43,8	—	—	12,3	8,1	71,1	96	
3275	41,7	28,3	25	10,1	6,6	63,9	—	
3225	41,9	22,1	10	10,4	7,1	71,3	—	—
—	41,8	—	—	10,3	6,9	67,6	97	
3150	40,2	31,2	15	11,1	7,3	60,3	—	
3075	39,2	25,5	30	12,0	8,2	67,5	—	—
—	39,7	—	—	11,6	7,8	63,9	95	
2875	36,6	Am Kopf gerissen			[7,9]	—	—	
2825	36,0	49,0	40	12,9	10,6	37,6	—	—
—	36,3	—	—	[12,9]	[9,3]	[37,6]	81	
2125	27,1	Am Kopf gerissen			[3,9]	—	—	
2325	29,6	desgl.			[6,5]	—	—	—
—	28,4	—	—	—	[5,2]	—	70	
850	10,4	49,0	20	65,4	61,3	40,0	—	
860	11,0	41,9	10	60,8	54,9	46,6	—	—
—	10,7	—	—	63,6	58,1	43,3	[56]	
515	6,3	49,0	5	In der letzten Theilmarke gerissen	(51,0)	40,0	—	
530	6,8	45,4	20	Theilung unkenntlich		42,2	—	—
—	6,6	—	—	—	(51,0)	41,1	[58]	
2400	30,6	17,3	10	54,8	50,9	78,0	—	
2350	29,9	15,2	20	56,5	50,2	80,6	—	—
—	30,3	—	—	55,7	50,6	79,3	—	
2425	30,9	15,2	20	59,8	51,0	80,6	—	
2375	30,3	17,3	20	59,0	54,8	78,0	—	—
—	30,6	—	—	59,4	52,9	79,3	25	
2225	28,9	15,9	20	54,0	49,0	79,4	—	
2225	28,3	14,5	35	56,1	48,1	81,5	—	—
—	28,6	—	—	55,1	48,6	80,5	23	
2100	27,3	17,3	10	49,2	43,7	77,5	—	
2050	26,6	15,9	20	51,8	46,7	79,4	—	—
—	27,0	—	—	50,5	45,2	78,5	22	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
27	Rundkupfer IX: Geglüht	23	+ 200	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	400	5,1
28		32		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	600	7,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	6,4
29		24	+ 300	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	400	5,2
30		33		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	400	5,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,2
31		25	+ 400	—	10,2	81,7	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			—	—
32		34		—	10,2	81,7	90				—	—
Mittel		—		—	—	—	—				—	—
33		26	+ 500	—	10,0	78,5	90				[400]	[5,1]
34		35		—	10,0	78,5	90				[450]	[5,7]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[5,4]
35		27	+ 600	—	10,0	78,5	90				[400]	[5,1]
36		36		—	10,0	78,5	90				[350]	[4,5]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[4,8]
37	Rundkupfer X: Hart gezogen	37	— 80	—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
38		46		—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
39		38	— 20	—	9,9	77,0	90	300	3,9	11500	2500	32,5
40		47		—	10,0	78,5	90	(500)	(6,4)	(10800)	2400	30,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,9]	[11500]	—	31,6
41		39	+ 20	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	2500	32,5
42		48		—	10,0	78,5	90	(400)	(5,1)	(12000)	2400	30,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	31,6
43		40	+ 100	—	9,9	77,0	90	(400)	(5,2)	(11900)	2300	29,9
44		49		—	10,0	78,5	90	300	3,8	12000	2200	28,0
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,8]	[12000]	—	29,0
45		41	+ 200	—	10,0	78,5	90	(400)	(5,1)	(10200)	2100	26,8
46		50		—	10,0	78,5	90	(400)	(5,1)	(10400)	2000	25,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	26,2
47		42	+ 300	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	1500	19,1
48		51		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	1500	19,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	19,1
49		43	+ 400	—	10,2	81,7	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[1200]	[14,7]
50		52		—	10,2	81,7	90				[1000]	[12,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[13,5]
51		44	+ 500	—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
52		53		—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
53		45	+ 600	—	10,0	78,5	90				[100]	[1,3]
54		54		—	10,0	78,5	90				[100]	[1,3]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,3]

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze: Belastung: Gesammt kg	Bruch-Grenze: σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_g}{\sigma_B}100$	Bemerkungen
2025	25,8	16,6	20	53,0	48,2	78,9	—	—
1975	25,2	16,6	35	53,7	50,4	78,9	—	
—	**25,5**	—	—	**53,4**	**49,3**	**78,9**	**25**	
2050	26,0	43,0	25	45,3	43,7	44,2	—	—
2000	25,5	39,6	40	44,2	41,5	49,6	—	
—	**25,8**	—	—	**44,8**	**42,6**	**46,9**	**20**	
1575	19,3	Am Kopf gerissen			(20,1)	—	—	—
1665	20,4	desgl.			(21,7)	—	—	
—	**19,9**	—	—	—	**(20,9)**	—	—	
905	11,5	45,4	10	53,3	49,1	42,2	—	—
895	11,4	43,0	10	65,0	55,6	45,3	—	
—	**11,5**	—	—	**59,2**	**52,4**	**43,8**	**[47]**	
525	6,7	45,4	10	63,5	62,7	42,2	—	—
550	7,0	45,4	20	70,8	66,4	42,2	—	
—	**6,9**	—	—	**67,2**	**64,6**	**42,2**	**[70]**	
2700	34,4	40,7	10	10,8	7,3	48,2	—	—
2600	33,1	37,4	10	11,8	7,9	52,4	—	
—	**33,8**	—	—	**11,3**	**7,6**	**50,3**	—	
2700	35,1	37,4	40	11,4	8,0	51,4	—	—
2600	33,1	37,4	10	14,2	9,0	52,4	—	
—	**34,1**	—	—	**12,8**	**8,5**	**51,9**	**93**	
2625	34,1	37,4	20	10,1	6,6	51,4	—	—
2500	31,8	36,3	25	10,0	6,7	53,7	—	
—	**33,0**	—	—	**10,1**	**6,7**	**52,6**	**96**	
2450	31,8	36,3	10	9,0	5,9	52,9	—	—
2375	30,3	39,6	10	8,8	5,7	49,6	—	
—	**31,1**	—	—	**8,9**	**5,8**	**51,2**	**93**	
2225	28,3	35,3	20	8,9	6,2	55,0	—	—
2150	27,4	34,3	10	9,4	6,2	56,5	—	
—	**27,9**	—	—	**9,2**	**6,2**	**55,8**	**94**	
1775	22,6	49,0	15	10,8	7,3	37,6	—	—
1750	22,3	51,5	10	10,4	7,3	34,4	—	
—	**22,5**	—	—	**10,6**	**7,3**	**36,0**	**85**	
1400	17,1	72,4	10	5,5	4,0	11,4	—	—
1125	13,8	65,0	Theilung unsichtbar			20,4	—	
—	**15,5**	—	—	**[5,5]**	**[4,0]**	**15,9**	**[87]**	
550	7,0	Am Kopf gerissen			(14,7)	—	—	—
465	5,9	desgl.			(10,4)	—	—	
—	**6,5**	—	—	—	**(12,6)**	—	**[29]**	
325	4,1	66,5	40	16,5	15,5	15,3	—	—
310	3,9	Am Kopf gerissen			(10,9)	—	—	
—	**4,0**	—	—	**[16,5]**	**[15,5]**	**[15,3]**	**[38]**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
55	Rundkupfer X: Geglüht	55	— 80	—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
56		64		—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
57		56	— 20	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	400	5,1
58		65		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	400	5,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,1
59		57	+ 20	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	700	9,1
60		66		—	9,9	77,0	90	desgl.		—	300	3,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	6,5
61		58	+ 100	—	9,8	75,4	90	nicht vorhanden		—	300	4,0
62		67		—	9,9	77,0	90	desgl.		—	400	5,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	4,6
63		59	+ 200	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	200	2,6
64		68		—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	[2,6]
65		60	+ 300	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	200	2,6
66		69		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	300	3,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,2
67		61	+ 400	—	10,2	81,7	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[300]	[3,7]
68		70		—	10,0	78,5	90				(500)	(6,4)
Mittel		—		—	—	—	—				—	[3,7]
69		62	+ 500	—	10,0	78,5	90				[250]	[3,2]
70		71		—	10,2	81,7	90				[150]	[1,8]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[2,5]
71		63	+ 600	—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
72		72		—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
73	Rundkupfer XI: Hartgezogen	73	— 80	—	9,7	73,9	90	—	—	—	—	—
74		82		—	9,9	77,0	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
75		74	— 20	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	2600	33,1
76		83		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	2600	33,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	33,1
77		75	+ 20	—	9,8	75,4	90	nicht vorhanden		—	2500	33,2
78		84		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	2300	29,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	31,3
79		76	+ 100	—	9,9	77,0	90	nicht vorhanden		—	2300	29,9
80		85		—	9,9	77,0	90	desgl.		—	2300	29,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	29,9
81		77	+ 200	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	1900	24,2
82		86		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	1900	24,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	24,2

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze: Belastung Gesammt kg	Bruch-Grenze: Belastung σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}\cdot 100$	Bemerkungen
2000	25,5	33,2	10	51,6	43,8	57,7	—	
2000	25,5	32,2	10	46,3	41,8	59,0	—	—
—	**25,5**	—	—	**49,0**	**42,8**	**58,4**	—	
2000	25,5	31,2	40	52,6	48,3	60,3	—	
2025	25,8	32,2	45	54,1	49,9	59,0	—	—
—	**25,7**	—	—	**53,4**	**49,1**	**59,7**	**20**	
1850	24,0	30,2	40	46,6	41,0	60,8	—	
1825	23,7	34,2	30	50,0	46,3	55,6	—	—
—	**23,9**	—	—	**48,3**	**43,7**	**58,2**	**27**	
1620	21,5	28,3	15	50,1	47,6	62,5	—	
1650	21,4	33,2	10	52,3	46,6	56,9	—	—
—	**21,5**	—	—	**51,2**	**47,1**	**59,7**	**21**	
1400	17,8	26,4	20	53,2	48,2	66,3	—	
1410	18,0	30,2	15	50,0	42,7	61,6	—	—
—	**17,9**	—	—	**51,6**	**45,5**	**64,0**	[15]	
1250	15,9	30,2	20	55,9	47,6	61,5	—	
1250	15,9	31,2	30	49,8	44,9	60,3	—	—
—	**15,9**	—	—	**52,9**	**46,3**	**60,9**	**20**	
885	10,8	Am Kopf gerissen			(20,3)	—	—	
950	12,1	66,5	20	12,0	12,7	15,3	—	—
—	**11,5**	—	—	[12,0]	[12,7]	[15,3]	[82]	
590	7,5	60,8	10	25,0	23,5	22,5	—	
470	5,8	67,9	10	14,9	13,9	16,9	—	—
—	**6,7**	—	—	**20,0**	**18,7**	**19,7**	[87]	
330	4,2	Am Kopf gerissen			(19,9)	—	—	
305	3,9	desgl.			(11,9)	—	—	—
—	**4,1**	—	—	—	(15,9)	—	[46]	
2625	35,5	39,6	10	10,1	6,9	46,4	—	
2700	35,1	38,5	10	11,0	7,6	50,0	—	—
—	**35,3**	—	—	**10,6**	**7,3**	**48,2**	—	
2750	35,0	37,4	15	11,7	7,9	52,4	—	
2725	34,7	37,4	10	12,2	8,7	52,4	—	—
—	**34,9**	—	—	**12,0**	**8,3**	**52,4**	**95**	
2625	34,8	38,5	10	9,4	6,6	48,9	—	
2600	33,1	37,4	20	8,0	5,6	52,4	—	—
—	**34,0**	—	—	**8,7**	**6,1**	**50,7**	**92**	
2475	32,1	37,4	10	8,2	5,4	51,4	—	
2450	31,8	38,5	10	9,0	6,4	50,0	—	—
—	**32,0**	—	—	**8,6**	**5,9**	**50,7**	**98**	
2175	27,6	36,3	20	9,9	6,8	53,7	—	
2150	27,4	38,5	10	9,7	6,4	51,0	—	—
—	**27,5**	—	—	**9,8**	**6,6**	**52,4**	**88**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
83	Rundkupfer XI: Hartgezogen	78	+ 300	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	1400	17,8
84		87		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	1400	17,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	17,8
85		79	+ 400	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	300	3,8
86		88		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	200	2,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,2
87		80	+ 500	—	10,0	78,5	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[100]	[1,3]
88		89		—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,6]
89		81	+ 600	—	10,0	78,5	90				—	—
90		90		—	10,0	78,5	90				—	—
Mittel		—		—	—	—	—					—
91	Rundkupfer XI: Geglüht	91	— 80	—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
92		100		—	10,0	78,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
93		92	— 20	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	400	5,1
94		101		—	9,8	75,4	90	desgl.		—	400	5,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,2
95		93	+ 20	—	9,8	75,4	90	nicht vorhanden		—	[200]	[2,7]
96		102		—	9,7	73,9	90	desgl.		—	500	6,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	[4,8]
97		94	+ 100	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	300	3,8
98		103		—	9,9	77,0	90	desgl.		—	300	3,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,9
99		95	+ 200	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	400	5,1
100		104		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	200	2,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,9
101		96	+ 300	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	200	2,6
102		105		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	200	2,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	2,6
103		97	+ 400	—	10,0	78,5	90	nicht vorhanden		—	300	3,8
104		106		—	10,0	78,5	90	desgl.		—	200	2,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,2
105		98	+ 500	—	10,0	78,5	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[150]	[1,9]
106		107		—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
107		99	+ 600	—	10,0	78,5	90				[100]	[1,3]
108		108		—	10,0	78,5	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,6]

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze: Belastung Gesammt kg	Bruch-Grenze: Belastung σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}\cdot 100$	Bemerkungen
1725	22,0	46,6	Theilung nicht vorhanden		[9,8] [1]	40,6	—	[1]) Zwischen den Köpfen gemessen; Meßlänge = 100 mm.
1750	22,3	46,6	10	13,8	9,7	40,6	—	
—	**22,2**	—	—	**[13,8]**	**[9,8]**	**40,6**	**80**	
1025	13,1	50,3	5	— [1])	28,0	35,9	—	[1]) Theilung war nicht mehr vollständig zu erkennen.
1000	12,7	47,8	10	40,0	35,4	39,1	—	
—	**12,9**	—	—	**[40,0]**	**31,7**	**37,5**	**25**	
500	6,4	67,9	10	16,0	14,1	13,5	—	
560	7,1	66,5	5	19,0	17,4	15,3	—	—
—	**6,8**	—	—	**17,5**	**15,8**	**14,4**	**[24]**	
305	3,9	Am Kopf gerissen		—	(10,8)	—	—	
310	3,9	69,4	5	11,9	11,7	11,6	—	—
—	**3,9**	—	—	**[11,9]**	**[11,7]**	**[11,6]**	—	
1925	24,5	31,2	10	50,4	43,5	60,3	—	
1925	24,5	27,3	10	47,3	41,8	65,2	—	—
—	**24,5**	—	—	**48,9**	**42,7**	**62,8**	—	
2000	25,5	28,3	15	52,9	49,4	63,9	—	
1925	25,5	26,4	20	53,9	47,1	65,0	—	—
—	**25,5**	—	—	**53,4**	**48,3**	**64,5**	**20**	
1800	23,9	28,3	10	51,7	47,5	62,5	—	
1750	23,7	25,5	20	50,2	42,3	65,5	—	—
—	**23,8**	—	—	**51,0**	**44,9**	**64,0**	**(20)**	
1600	20,4	26,4	30	51,2	48,2	66,4	—	
1600	20,8	24,6	10	54,1	49,7	68,0	—	—
—	**20,6**	—	—	**52,7**	**49,0**	**67,2**	**19**	
1375	17,5	23,8	10	47,8	43,0	69,7	—	
1375	17,5	23,8	40	53,2	47,7	69,7	—	—
—	**17,5**	—	—	**50,5**	**45,4**	**69,7**	**22**	
1225	15,6	30,2	15	52,8	47,4	61,5	—	
1225	15,6	29,2	15	51,2	46,9	62,8	—	—
—	**15,6**	—	—	**52,0**	**47,2**	**62,2**	**17**	
(700)	(8,9)	46,6	Theilung nicht vorhanden		[38,5] [1])	40,6	—	[1]) Zwischen den Köpfen gemessen; Meßlänge = 100 mm.
1000	12,7	47,8	10	38,3	35,6	39,1	—	
—	**[12,7]**	—	—	**[38,3]**	**[37,1]**	**39,9**	**[25]**	
575	7,3	63,6	10	22,3	22,4	19,0	—	
555	7,1	63,6	10	20,2	18,9	19,0	—	—
—	**7,2**	—	—	**21,3**	**20,7**	**19,0**	**[26]**	
345	4,4	Am Kopf gerissen		—	(16,0)	—	—	
310	3,9	67,9	10	11,6	11,2	13,5	—	—
—	**4,2**	—	—	**[11,6]**	**[11,2]**	**[13,5]**	**[38]**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
109	Platte I: Geglüht	1	− 80	9,2	9,1	83,7	90	—	—	—	—	—
110		10		9,2	9,1	83,7	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
111		2	− 20	9,3	9,0	83,7	90	500	6,0	11000	800	9,6
112		11		9,2	9,1	83,7	90	[400]	[4,8]	[10900]	800	9,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	[5,4]	[10950]	—	9,6
113		3E	+ 20	9,1	9,0	81,9	90	300	3,7	12700	700	8,6
114		12		9,1	9,0	81,9	90	300	3,7	12300	600	7,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	3,7	12500	—	8,0
115		4	+ 100	9,1	9,0	81,9	90	nicht zu erkennen		—	600	7,3
116		13		9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	600	7,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	7,3
117		5	+ 200	9,3	9,2	85,6	90	[450]	[5,3]	[10300]	600	7,0
118		14		9,4	9,2	86,5	90	[350]	[4,0]	[9800]	500	5,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	[4,7]	[10050]	—	6,4
119		6	+ 300	9,2	9,1	83,7	90	[200]	[2,4]	[8300]	500	6,0
120		15		9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	500	6,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	[2,4]	[8300]	—	6,1
121		7	+ 400	9,1	9,1	82,8	90	(300)	(3,6)	(7100)	500	6,0
122		16		9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	400	4,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,5
123		8	+ 500	9,2	9,0	82,8	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[200]	[2,4]
124		17		9,2	9,1	83,7	90				[200]	[2,4]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[2,4]
125		9	+ 600	9,2	9,1	83,7	90				[150]	[1,8]
126		18		9,0	9,0	81,0	90				[150]	[1,8]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,8]
127	Platte I: Geglüht und dann gehämmert	19	− 80	11,3	7,2	81,4	90	—	—	—	—	—
128		28		11,2	7,1	79,5	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
129		20	− 20	11,2	7,1	79,5	90	[1500]	[18,9]	[11100]	3000	37,7
130		29		11,2	7,2	80,6	90	[1400]	[17,4]	[11300]	3000	37,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	[18,2]	[11200]	—	37,5
131		21	+ 20	11,1	7,4	82,1	90	600	7,3	12100	2800	34,1
132		30		11,0	7,1	78,1	90	1000	12,8	12000	2800	35,9
Mittel		--		—	—	—	—	—	10,1	12050	—	35,0
133		22	+ 100	11,0	7,2	79,2	90	1500	18,9	11800	2800	35,4
134		31		11,1	7,3	81,0	90	1400	17,3	10900	2800	34,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	18,1	11850	—	35,0

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze		Bruchquerschnitt	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke	Dehnung bezogen auf eine Länge von		Querschnittsverminderung	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bemerkungen
Belastung				60 mm je 30 mm von der Bruchstelle	90 mm			
Gesammt	σ_B							
kg	kg/qmm	qmm	mm	%	%	%		
2525	30,2	21,6	10	50,4	43,3	74,2	—	
2675	32,0	20,2	10	53,4	46,3	75,9	—	—
—	**31,1**	—	—	**51,9**	**44,8**	**75,1**	—	
2575	30,8	21,6	20	56,5	52,5	74,2	—	
2650	31,7	23,5	10	53,6	49,0	71,9	—	—
—	**31,3**	—	—	**55,1**	**50,8**	**73,1**	**31**	
2450	29,9	20,7	30	59,0	53,1	74,7	—	
2450	29,9	22,6	15	57,3	53,3	72,4	—	—
—	**29,9**	—	—	**58,2**	**53,2**	**73,6**	**27**	
2325	28,4	24,5	10	49,9	45,6	70,2	—	
2325	28,4	23,5	40	49,8	46,3	71,3	—	—
—	**28,4**	—	—	**49,9**	**46,0**	**70,8**	**26**	
2370	27,7	27,6	10	47,6	45,5	67,6	—	
2350	27,2	29,7	30	49,4	45,1	65,7	—	—
—	**27,5**	—	—	**48,5**	**45,3**	**66,7**	**23**	
2075	24,8	65,5	5	—	[23,1]	21,7	—	
2000	24,4	In der Hohlkehle gerissen			(20,5)	—	—	—
—	**24,6**	—	—	—	[**23,1**]	[**21,7**]	**25**	
1675	20,2	An der Hohlkehle gerissen			(15,1)	—	—	
1725	21,1	desgl.			(17,5)	—	—	—
—	**20,7**	—	—	—	(**16,3**)	—	**27**	
880	10,7	60,1	10	35,4	33,2	27,4	—	
1005	12,0	61,6	10	31,5	30,2	26,4	—	—
—	**11,4**	—	—	**33,5**	**31,7**	**26,9**	[21]	
655	7,8	60,1	30	31,2	30,7	28,2	—	
510	6,3	61,6	10	30,3	29,4	24,0	—	—
—	**7,1**	—	—	**30,8**	**30,1**	**26,1**	[25]	
3300	40,5	25,2	25	16,3	12,2	69,0	—	
3275	41,2	26,3	20	12,7	8,8	66,9	—	—
—	**40,9**	—	—	**14,5**	**10,5**	**68,0**	—	
3300	41,5	28,1	30	15,1	11,0	64,7	—	
3225	40,0	28,4	20	14,5	10,9	64,8	—	—
—	**40,8**	—	—	**14,8**	**11,0**	**64,8**	**92**	
3000	36,5	25,2	30	13,6	9,0	69,3	—	
3025	38,7	25,5	40	13,9	9,1	67,3	—	—
—	**37,6**	—	—	**13,8**	**9,1**	**68,3**	**93**	
2950	37,2	32,7	10	10,3	6,9	58,7	—	
2975	36,7	30,4	30	10,9	7,6	62,4	—	—
—	**37,0**	—	—	**10,6**	**7,3**	**60,6**	**95**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
135	Platte I: Geglüht und dann gehämmert	23	+ 200	11,1	7,2	79,9	90	(700)	(8,8)	(10400)	2400	30,0
136		32		11,1	7,2	79,9	90	[700]	[8,8]	[10300]	2500	31,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	[8,8]	**[10800]**	—	**30,7**
137		24	+ 300	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	1800	22,4
138		33		11,1	7,5	83,3	90	desgl.		—	1800	21,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	22,0
139		25	+ 400	10,8	7,3	78,8	90	nicht vorhanden		—	1300	16,5
140		34		10,8	7,3	78,8	90	desgl.		—	1300	16,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	16,5
141		26	+ 500	10,8	7,2	77,8	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			(500)	(6,4)
142		35		10,8	7,3	78,8	90				(550)	(7,0)
Mittel		—		—	—	—	—				—	(6,7)
143		27	+ 600	11,2	7,0	78,4	90				[350]	[4,5]
144		36		11,3	7,3	82,5	90				[350]	[4,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[4,4]
145	Platte I: Hart gewalzt	37	− 80	11,1	7,1	78,8	90	—	—	—	—	—
146		46		11,0	7,3	80,3	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
147		38	− 20	11,0	7,2	79,2	90	900	11,4	11500	3000	37,9
148		47		11,1	7,3	81,0	90	[1300]	[16,0]	[10700]	2900	35,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	**[13,7]**	**[11100]**	—	**36,9**
149		39	+ 20	11,0	7,3	80,3	90	800	10,0	12400	2800	34,9
150		48		11,0	7,3	80,3	90	900	11,2	12100	2800	34,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	**10,6**	**12250**	—	**34,9**
151		40	+ 100	11,0	7,2	79,2	90	1500	18,9	11700	2800	35,4
152		49		11,0	7,3	80,3	90	1300	16,2	11900	2700	33,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	**17,6**	**11800**	—	**34,5**
153		41	+ 200	11,0	7,3	80,3	90	(900)	(11,2)	(10600)	2600	32,4
154		50		11,0	7,3	80,3	90	(700)	(8,7)	(10200)	2500	31,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**31,8**
155		42	+ 300	Gewinde ausgerissen.							—	—
156		51		11,1	7,3	81,0	90	nicht vorhanden		—	1900	23,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**[23,5]**
157		43	+ 400	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	1200	14,9
158		52		11,0	7,2	79,2	90	desgl.		—	1400	17,7
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**16,3**
159		44	+ 500	11,1	7,1	78,8	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[600]	[7,6]
160		53		11,0	7,2	79,2	90				[450]	[5,7]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[6,7]
161		45	+ 600	11,0	7,2	79,2	90				[150]	[1,9]
162		54		11,2	7,2	80,6	90				(350)	(4,3)
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze Belastung Gesammt kg	Bruch-Grenze σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}\cdot 100$	Bemerkungen
2750	34,4	32,0	30	13,7	11,0	60,0	—	—
2775	34,7	34,0	40	12,4	9,1	57,5	—	
—	**34,6**	—	—	**13,1**	**10,1**	**58,8**	**89**	
2375	29,6	65,9	30	4,0	3,4	17,9	—	—
2500	30,0	69,0	30	7,0	6,2	17,2	—	
—	**29,8**	—	—	**5,8**	**4,8**	**17,6**	**86**	
1750	22,2	72,8	40	4,3	4,0	7,6	—	—
1800	22,8	72,8	5	6,5	5,1	7,6	—	
–	**22,5**	—	—	**5,4**	**4,6**	**7,6**	**78**	
920	11,8	69,4	30	10,3	10,8	10,8	—	—
905	11,5	65,3	15	13,4	12,4	17,1	—	
—	**11,7**	—	—	**11,9**	**11,6**	**14,0**	—	
540	6,9	58,8	35	29,5	26,5	25,0	—	—
500	6,1	61,7	40	33,9	32,1	25,2	—	
—	**6,5**	—	—	**31,7**	**29,3**	**25,1**	[68]	
3200	40,6	29,6	10	18,9	12,5	62,4	—	—
3175	39,5	27,0	10	22,5	16,9	66,4	—	
—	**40,1**	—	—	**20,7**	**14,7**	**64,4**	—	
3225	40,7	26,3	20	23,6	18,4	66,8	—	—
3275	40,4	28,9	20	26,1	23,5	64,3	—	
—	**40,6**	—	—	**24,9**	**21,0**	**65,6**	**91**	
3050	38,0	27,7	20	22,5	17,1	65,5	—	—
3075	38,3	24,5	20	24,7	17,7	69,5	—	
—	**38,2**	—	—	**23,6**	**17,4**	**67,5**	**91**	
2975	37,6	32,8	30	14,0	9,1	58,6	—	—
2875	35,8	34,9	40	14,5	10,0	56,6	—	
—	**36,7**	–	—	**14,3**	**9,6**	**57,6**	**94**	
2875	35,8	38,1	40	16,7	13,5	52,5	—	—
2875	35,8	35,2	20	19,4	15,5	56,2	—	
—	**35,8**	—	—	**18,1**	**14,5**	**54,4**	**89**	
—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	32,1	An der Hohlkehle gerissen			(5,9)	—	—	
—	[32,1]	—	—	—	(5,9)	–	[73]	
2025	25,2	An der Hohlkehle gerissen			[7,2]	—	—	—
2000	25,3	71,4	10	8,0	6,7	9,8	—	
—	**25,3**	—	—	[8,0]	[7,0]	[9,8]	**65**	
1000	12,7	58,9	10	37,1	33,3	25,3	—	—
820	10,4	57,3	35	37,4	35,7	27,7	—	
—	**11,6**	–	—	**37,3**	**34,5**	**26,5**	[58]	
325	4,1	In der Hohlkehle gerissen			(11,9)	—	—	—
485	6,0	61,7	21	—	(25,8)	23,4	—	
—	**5,1**	—	—	—	(18,9)	[23,4]	[38]	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
163	Platte II: Geglüht	55	− 80	9,1	9,0	81,9	90	—	—	—	—	—
164		64		9,1	9,0	81,9	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
165		56	− 20	9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	500	6,1
166		65		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	600	7,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	6,7
167		57	+ 20	9,0	8,9	80,1	90	nicht vorhanden		—	500	6,2
168		66		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	400	4,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,6
169		58	+ 100	9,1	8,9	81,0	90	nicht vorhanden		—	500	6,2
170		67		9,1	8,9	81,0	90	desgl.		—	400	4,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,6
171		59	+ 200	9,2	9,2	84,6	90	nicht vorhanden		—	450	5,3
172		68		9,3	9,2	85,6	90	desgl.		—	450	5,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,3
173		60	+ 300	9,1	9,1	82,8	90	nicht vorhanden		—	300	3,6
174		69		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	300	3,7
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,7
175		61	+ 400	9,2	9,1	83,7	90	nicht vorhanden		—	200	2,4
176		70		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	300	3,7
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,1
177		62	+ 500	9,2	9,0	82,8	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[100]	[1,2]
178		71		9,1	9,0	81,9	90				[150]	[1,8]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,5]
179		63	+ 600	9,1	9,0	81,9	90				[150]	[1,8]
180		72		9,1	9,1	82,8	90				[100]	[1,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,5]
181	Platte II: Geglüht und dann gehämmert	73	− 80	10,9	6,9	75,2	90	—	—	—	—	—
182		82		11,0	7,1	78,1	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
183		74	− 20	11,0	7,1	78,1	90	900	11,5	11000	2300	29,4
184		83		11,0	7,3	80,3	90	(800)	(10,0)	(10700)	2300	28,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	[11,5]	[11000]	—	29,0
185		75	+ 20	11,0	7,2	79,2	90	400	5,1	12500	2300	29,0
186		84		11,0	7,2	79,2	90	[600]	[7,6]	[12100]	2300	29,0
Mittel		—		—	—	—	—	—	[6,4]	[12300]	—	29,0
187		76	+ 100	10,9	7,2	78,5	90	900	11,5	11200	2100	26,8
188		85		10,8	7,2	77,8	90	600	7,7	13000	2100	27,0
Mittel		—		—	—	—	—	—	9,6	12100	—	26,9

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze		Bruch-querschnitt	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke	Dehnung bezogen auf eine Länge von		Querschnittsverminderung	Verhältniß $\frac{\sigma_B}{\sigma_B} \cdot 100$	Bemerkungen
Belastung				60 mm je 30 mm von der Bruchstelle	90 mm			
Gesammt	σ_B							
kg	kg/qmm	qmm	mm	%	%	%		
2100	25,6	38,4	10	47,9	44,2	53,1	—	
2075	25,3	41,0	5	43,2	39,5	49,9	—	—
—	**25,5**	—	—	**45,6**	**41,9**	**51,5**	—	
2050	25,0	36,0	10	48,7	45,1	56,0	—	
2075	25,3	39,7	10	51,6	48,0	51,5	—	—
—	**25,2**	—	—	**50,2**	**46,6**	**53,8**	**27**	
1925	24,0	36,6	20	48,0	46,8	54,3	—	
1900	23,2	38,4	25	49,4	46,8	53,1	—	—
—	**23,6**	—	—	**48,7**	**46,8**	**53,7**	**24**	
1700	21,0	34,8	30	48,0	43,9	57,0	—	
1700	21,0	36,0	10	48,1	42,7	55,5	—	—
—	**21,0**	—	—	**48,1**	**43,3**	**56,3**	**27**	
1550	18,3	34,2	30	44,8	40,5	59,6	—	
1560	18,2	38,4	30	45,5	41,5	55,1	—	—
—	**18,3**		—	**45,2**	**41,0**	**57,4**	**29**	
1350	16,3	45,6	10	41,0	38,2	44,9	—	
1350	16,5	47,6	25	43,7	40,7	41,9	—	—
—	**16,4**	—	—	**42,4**	**39,5**	**43,4**	**23**	
1100	13,1	62,4	8	26,2	24,9	25,4	—	
1150	14,0	60,1	10	28,3	25,4	26,6	—	—
—	**13,6**	—	—	**27,3**	**25,2**	**26,0**	**23**	
645	7,8	65,6	30	20,4	19,7	20,8	—	
540	6,6	69,7	35	18,1	17,0	14,9	—	—
—	**7,2**	—	—	**19,3**	**18,4**	**17,9**	[21]	
595	7,3	54,8	5	41,7	40,1	33,1	—	
370	4,5	65,6	10	20,8	19,2	20,8	—	—
—	**5,9**	—	—	**31,3**	**29,7**	**27,0**	[25]	
2350	31,3	42,1	20	9,2	6,4	44,0	—	
2500	32,0	43,9	40	9,9	6,8	43,8	—	—
—	**31,7**	—	—	**9,6**	**6,6**	**43,9**	—	
2425	31,0	44,2	20	10,2	6,7	43,4	—	
2425	30,2	44,7	30	9,5	6,7	44,3	—	—
—	**30,6**	—	—	**9,9**	**6,7**	**43,9**	**95**	
2400	30,3	44,4	35	9,1	6,3	44,0	—	
2400	30,3	44,2	10	8,5	5,7	44,2	—	—
—	**30,3**	—	—	**8,8**	**6,0**	**44,1**	**96**	
2250	28,7	44,5	30	9,4	5,9	43,3	—	
2200	28,3	43,0	40	8,2	5,5	44,7	—	—
—	**28,5**	—	—	**8,8**	**5,7**	**44,0**	**94**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
189	Platte II: Geglüht und dann gehämmert	77	+ 200	10,9	7,4	80,7	90	nicht vorhanden		—	1800	22,3
190		86		11,0	7,4	81,4	90	desgl.		—	[1900]	[23,4]
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	[22,9]
191		78	+ 300	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	1400	17,4
192		87		11,0	7,3	80,3	90	desgl.		—	1400	17,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	17,4
193		79	+ 400	10,7	7,2	77,0	90	nicht vorhanden		—	1000	13,0
194		88		11,0	7,1	78,1	90	desgl.		—	1200	15,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	14,2
195		80	+ 500	10,8	7,2	77,8	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[150]	[1,9]
196		89		11,0	7,1	78,1	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
197		81	+ 600	11,0	7,1	78,1	90				[150]	[1,9]
198		90		11,1	7,1	78,8	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
199	Platte II: Hart gewalzt	91	— 80	11,0	7,2	79,2	90	—	—	—	—	—
200		100		11,1	7,3	81,0	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
201		92	— 20	11,1	7,2	79,9	90	300	3,8	10700	2300	28,8
202		101		11,1	7,3	81,0	90	[1000]	[12,3]	[10500]	2300	28,4
Mittel		—		—	—	—	--	—	[8,1]	[10600]	—	28,6
203		93	+ 20	10,9	7,2	78,5	90	300	3,8	12400	2200	28,0
204		102		11,0	7,3	80,3	90	400	5,0	12300	2200	27,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	4,4	12350	—	27,7
205		94	+ 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
206		103		11,0	7,2	79,2	90	300	3,8	13200	2100	26,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,8]	[13200]	—	[26,5]
207		95	+ 200	11,1	7,3	81,0	90	(500)	(6,2)	(9700)	1800	22,2
208		104		11,0	7,3	80,3	90	(600)	(7,5)	(9700)	1800	22,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	22,3
209		96	+ 300	11,0	7,3	80,3	90	[500]	[6,2]	[7800]	1300	16,2
210		105		11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	1300	16,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	[6,2]	[7800]	—	16,2
211		97	+ 400	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	700	8,7
212		106		11,0	7,3	80,3	90	desgl.		—	200	2,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	5,6
213		98	+ 500	11,0	7,3	80,3	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[150]	[1,9]
214		107		11,0	7,2	79,2	90				[200]	[2,5]
Mittel		—		—	—	—	—				-	[2,2]
215		99	+ 600	11,1	7,3	81,0	90				[150]	[1,9]
216		108		11,1	7,3	81,0	90				[100]	[1,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,5]

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze Belastung Gesammt kg	Bruch-Grenze Belastung σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bemerkungen
1950	24,2	43,9	50	8,0	5,5	45,6	—	—
2000	24,6	47,2	10	8,2	5,7	42,0	—	
—	**24,4**	—	—	**8,1**	**5,6**	**43,8**	[**93**]	
1675	20,9	50,4	30	9,6	6,8	37,2	—	—
1650	20,5	55,8	45	10,1	7,5	30,5	—	
—	**20,7**	—	—	**9,9**	**7,2**	**33,9**	**84**	
1150	14,9	71,8	10	3,9	2,5	6,8	—	—
1450	18,6	65,0	40	7,7	5,8	16,8	—	
—	**16,8**	—	—	**5,8**	**4,2**	**11,3**	**85**	
585	7,5	66,0	10	16,5	15,7	15,2	—	—
510	6,5	In der Hohlkehle gerissen			(12,0)	—	—	
—	**7,0**	—	—	[**16,5**]	[**15,7**]	[**15,2**]	[**27**]	
255	3,3	70,4	40	10,9	10,0	9,9	—	—
315	4,0	69,7	30	14,0	12,8	11,5	—	
—	**3,7**	—	—	**12,5**	**11,4**	**10,7**	[**51**]	
2450	30,9	43,1	10	15,9	12,8	45,6	—	—
2475	30,6	44,4	10	18,5	13,0	45,2	—	
—	**30,8**	—	—	**17,2**	**12,9**	**45,4**	—	
2475	31,0	44,0	10	20,2	16,0	44,9	—	—
2525	31,2	44,0	10	19,5	16,3	45,7	—	
—	**31,1**	—	—	**19,9**	**16,2**	**45,3**	**92**	
2375	30,3	41,8	10	11,9	8,3	46,8	—	—
2350	29,3	46,3	40	13,1	9,8	42,3	—	
—	**29,8**	—	—	**12,5**	**9,1**	**44,6**	**93**	
—	—	—	10	8,4	5,7	—	—	—
2250	28,4	45,0	10	8,6	5,8	43,2	—	
—	[**28,4**]	—	—	**8,5**	**5,8**	[**43,2**]	**93**	
2000	24,7	46,8	10	8,4	5,7	42,2	—	—
2000	24,9	42,0	10	8,3	5,6	47,7	—	
—	**24,8**	—	—	**8,4**	**5,7**	**45,0**	**90**	
1675	20,9	53,0	35	10,2	8,2	34,0	—	—
1675	20,9	56,1	20	11,4	8,9	30,1	—	
—	**20,9**	—	—	**10,8**	**8,6**	**32,1**	**78**	
1200	14,9	An der Hohlkehle gerissen			(7,8)	—	—	—
1150	14,3	56,1	10	33,8	30,6	30,1	—	
—	**14,6**	—	—	[**33,8**]	[**30,6**]	[**30,1**]	**88**	
535	6,7	An der Hohlkehle gerissen			(13,8)	—	—	—
550	6,9	desgl.			(11,5)	—	—	
—	**6,8**	—	—	—	(**12,7**)	—	[**32**]	
315	3,9	An der Hohlkehle gerissen			(12,6)	—	—	—
310	3,8	desgl.			(11,2)	—	—	
—	**3,9**	—	—	—	(**11,9**)	—	[**39**]	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg.	σ_S kg/qmm
217	Platte VI: Geglüht	109	− 80	9,1	9,0	81,9	90	—	—	—	—	—
218		118		9,1	9,0	81,9	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
219		110	− 20	9,1	9 0	81,9	90	nicht vorhanden		—	400	4,9
220		119		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	400	4,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	4,9
221		111	+ 20	9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	400	4,9
222		120		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	400	4,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	4,9
223		112	+ 100	9,1	8,8	80,1	90	nicht vorhanden		—	400	5,0
224		121		9,0	8,9	80,1	90	desgl.		—	600	7,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	6,3
225		113	+ 200	9,2	9,2	84,6	90	nicht vorhanden		—	350	4,1
226		122		9,2	9,2	84,6	90	desgl.		—	350	4,1
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	4,1
227		114	+ 300	9,1	8,9	81,0	90	nicht vorhanden		—	300	3,7
228		123		9,1	9,0	81,9	90	desgl.		—	300	3,7
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	3,7
229		115	+ 400	9,1	9,0	81,9	90	nicht vorhanden		—	300	3,7
230		124		9,0	9,0	81,0	90	ohne Feinmeßapparate geprüft			[200]	[2,5]
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	[3,1]
231		116[1]	+ 500	9,1	9,0	81,9	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			(300)	(3,7)
232		125		9,0	9,0	81,0	90				[150]	[1,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,9]
233		117	+ 600	9,1	9,0	81,9	90				[150]	[1,8]
234		126		9,1	9,0	81,9	90				[100]	[1,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,5]
235	Platte VI: Geglüht und dann gehämmert	127	− 80	10,9	7,1	77,4	90	—	—	—	—	—
236		136		11,0	7,1	78,1	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
237		128 E	− 20	11,0	7,2	79,2	90	ohne Feinmeßapparate geprüft			[2100]	[26,5]
238		137		11,0	7,2	79,2	90	500	6,3	10400	2100	26,5
Mittel		—		—	—	—	—	—	[6,3]	[10400]	—	[26,5]
239		129	+ 20	11,0	7,2	79,2	90	nicht vorhanden		—	2000	25,3
240		128		11,0	7,1	78,1	90	900	11,5	11200	2000	25,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	[11,5]	[11200]	—	25,5
241		130	+ 100	10,9	7,3	79,6	90	[500]	[6,3]	[11900]	1800	22,6
242		139		10,9	7,3	79,6	90	[500]	[6,3]	[9700]	1800	22,6
Mittel		—		—	—	—	—	—	[6,3]	[10800]	—	22,6

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze		Bruch-querschnitt	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke	Dehnung bezogen auf eine Länge von		Querschnittsverminderung	Verhältniß $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bemerkungen
Belastung				60 mm je 30 mm von der Bruchstelle	90 mm			
Gesammt	σ_B							
kg	kg/qmm	qmm	mm	%	%	%		
1875	22,9	42,9	10	45,5	39,4	47,6	—	
1925	23,5	42,2	10	47,4	39,9	48,5	—	—
—	**23,2**	—	—	**46,5**	**39,7**	**48,1**	—	
1925	23,5	48,3	10	48,1	44,7	41,0	—	
1900	23,2	42,3	20	50,1	48,0	48,4	—	—
—	**23,4**	—	—	**49,1**	**46,4**	**44,7**	**21**	
1800	22,0	37,8	40	48,4	44,6	53,8	—	
1775	21,7	40,3	15	46,9	43,4	50,8	—	—
—	**21,9**	—	—	**47,7**	**44,0**	**52,3**	**22**	
1575	19,7	34,2	10	47,8	44,5	57,3	—	
1575	19,7	36,0	15	44,5	39,9	55,1	—	—
—	**19,7**	—	—	**46,2**	**42,2**	**56,2**	**32**	
1370	16,2	43,6	30	47,9	44,5	48,5	—	
1340	15,8	38,4	30	51,7	49,3	54,6	—	—
—	**16,0**	—	—	**49,8**	**46,9**	**51,6**	**25**	
1150	14,2	43,6	30	48,1	45,9	46,2	—	
1150	14,0	42,9	30	49,7	44,8	47,6	—	—
—	**14,1**	—	—	**48,9**	**45,4**	**46,9**	**26**	
900	11,0	56,2	15	36,4	32,0	31,4	—	
745	9,2	64,8	30	24,9	24,6	20,0	—	—
—	**10,1**	–	—	**30,7**	**28,3**	**25,7**	[31]	
(1330)	(16,3)	46,2	30	(51,6)	(48,7)	(43,6)	—	[1]) Versehentlich bei 200 C° geprüft.
475	5,9	64,8	25	23,0	21,5	20,0	—	
—	[5,9]	—	—	[23,0]	[21,5]	[20,0]	[32]	
325	4,0	65,6	30	24,2	23,6	19,9	—	
325	4,1	64,0	30	23,8	23,5	21,9	—	—
—	**4,1**	—	—	**24,0**	**23,6**	**20,9**	[37]	
2275	29,4	45,6	20	10,6	7,1	41,1	—	
2300	29,4	48,1	40	9,9	6,8	38,4	—	—
—	**29,4**	—	—	**10,3**	**7,0**	**39,8**	—	
2220	28,0	45,6	35	17,3	12,8	42,4	—	
2275	28,7	48,1	30	10,6	7,4	39,3	—	—
—	**28,4**	—	—	**14,0**	**10,1**	**40,9**	—	
2150	27,2	48,6	30	8,8	6,1	38,6	—	
2175	27,8	47,2	10	8,3	5,9	39,6	—	—
—	**27,5**	–	—	**8,6**	**6,0**	**39,1**	**98**	
1975	24,8	43,0	30	8,9	5,8	46,0	—	
2000	25,1	48,1	40	8,1	5,3	39,6	—	—
—	**25,0**	—	—	**8,5**	**5,6**	**42,8**	**90**	

Tabelle 3

Versuchs-Nr.	Material	Stab Nr.	Versuchswärme C°	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitäts-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_P kg/qmm	Elastizitäts-Modul E kg/qmm	Streck-Grenze: Belastung Gesammt kg	σ_S kg/qmm
243	Platte VI: Geglüht und dann gehämmert	131	+ 200	11,0	7,3	80,3	90	nicht zu erkennen		—	1600	19,9
244		140		11,0	7,3	80,3	90	desgl.		—	1500	18,7
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**19,3**
245		132	+ 300	11,0	7,4	81,4	90	300	3,7	7300	1300	16,0
246		141		10,9	7,3	79,6	90	Meßapparate b. Versuch abgefallen			—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,7]	[7300]	—	[16,0]
247		133	+ 400	10,9	7,3	79,6	90	nicht vorhanden		—	100	1,3
248		142		10,9	7,3	79,6	90	desgl.		—	100	1,3
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**1,3**
249		134	+ 500	11,0	7,3	80,3	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[100]	[1,2]
250		143		10,9	7,2	78,5	90				[100]	[1,3]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,3]
251		135	+ 600	11,0	7,2	79,2	90				[100]	[1,3]
252		144		11,0	7,2	79,2	90				[100]	[1,3]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,3]
253	Platte VI: Hart gewalzt.	145	— 80	11,1	7,3	81,0	90	—	—	—	—	—
254		154		11,2	7,3	81,8	90	—	—	—	—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
255		146	— 20	11,3	7,3	82,5	90	nicht vorhanden		—	2200	26,7
256		155		11,2	7,4	82,9	90	Meßapparate b. Versuch abgefallen			—	—
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	[26,7]
257		147	+ 20	11,0	7,3	80,3	90	500	6,2	11600	2100	26,2
258		156		11,0	7,4	81,4	90	[700]	[8,6]	[11500]	2100	25,8
Mittel		—		—	—	—	—	—	[7,4]	[11550]	—	**26,0**
259		148	+ 100	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	1900	23,7
260		157		11,0	7,4	81,4	90	nicht zu erkennen		—	1900	23,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**23,6**
261		149	+ 200	10,9	7,3	79,6	90	400	5,0	9000	1500	18,8
262		158		11,0	7,4	81,4	90	500	6,1	10700	1500	18,4
Mittel		—		—	—	—	—	—	5,6	9850	—	**18,6**
263		150	+ 300	11,0	7,3	80,3	90	300	3,7	7700	1200	14,9
264		159		11,0	7,3	80,3	90	nicht zu erkennen		—	1200	14,9
Mittel		—		—	—	—	—	—	[3,7]	[7700]	—	**14,9**
265		151	+ 400	11,0	7,3	80,3	90	nicht vorhanden		—	100	1,2
266		160		11,0	7,3	80,3	90	desgl.		—	100	1,2
Mittel		—		—	—	—	—	—	—	—	—	**1,2**
267		152	+ 500	11,1	7,3	81,0	90	Ohne Feinmeßapparate geprüft			[100]	[1,2]
268		161		11,1	7,4	82,1	90				[100]	[1,2]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[1,2]
269		153	+ 600	11,3	7,4	83,6	90				[75]	[0,9]
270		162		11,2	7,3	81,8	90				[75]	[0,9]
Mittel		—		—	—	—	—				—	[0,9]

(Fortsetzung).

Bruch-Grenze: Belastung: Gesammt kg	Bruch-Grenze: Belastung: σ_B kg/qmm	Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 60 mm je 30 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 90 mm %	Querschnittsverminderung %	Verhältniß $\frac{\sigma_s}{\sigma_B}\cdot 100$	Bemerkungen
1725	21,5	47,5	10	9,2	6,0	40,8	—	—
1700	21,2	46,8	40	8,0	5,3	41,7	—	
—	**21,4**	—	—	**8,6**	**5,7**	**41,3**	**90**	
1425	17,5	62,6	30	4,4	3,1	23,1	—	—
1500	18,8	60,8	30	6,2	4,8	23,6	—	
—	**18,2**	—	—	**5,3**	**4,0**	**23,4**	[88]	
825	10,4	49,3	10	38,1	39,6	38,1	—	—
875	11,0	48,7	20	42,6	38,5	38,8	—	
—	**10,7**	—	—	**40,4**	**39,1**	**38,5**	**12**	
450	5,6	53,7	5	32,0	32,5	33,1	—	—
480	6,1	51,6	10	23,7	21,4	34,3	—	
—	**5,9**	—	—	**27,9**	**27,0**	**33,7**	[22]	
300	3,8	In der Hohlkehle gerissen			(21,8)	—	—	—
295	3,7	54,9	20	24,8	22,5	30,7	—	
—	**3,8**	—	—	[24,8]	[22,5]	[30,7]	[34]	
2375	29,3	50,7	10	12,3	8,0	37,4	—	—
2375	29,0	50,6	10	17,3	10,4	38,1	—	
—	**29,2**	—	—	**14,8**	**9,2**	**37,8**	—	
2375	28,8	49,5	10	17,0	12,6	40,0	—	—
2375	28,6	51,2	40	20,5	16,0	38,2	—	
—	**28,7**	—	—	**18,8**	**14,3**	**39,1**	[98]	
2250	28,0	47,2	10	11,8	7,7	41,2	—	—
2225	27,3	47,0	30	13,9	10,1	42,3	—	
—	**27,7**	—	—	**12,9**	**8,9**	**41,8**	**94**	
2050	25,5	46,3	10	11,1	7,0	42,3	—	—
2050	25,2	47,2	10	9,7	6,5	42,0	—	
—	**25,4**	—	—	**10,4**	**6,8**	**42,2**	**98**	
1850	23,2	44,9	20	12,8	9,4	43,6	—	—
1750	21,5	44,9	40	10,6	7,8	44,9	—	
—	**22,4**	—	—	**11,7**	**8,6**	**44,3**	**88**	
1525	19,0	54,2	45	12,1	9,4	32,5	—	—
1475	18,4	58,0	45	10,8	8,8	27,8	—	
—	**18,7**	—	—	**11,5**	**9,1**	**30,2**	**80**	
800	10,0	51,0	10	40,0	34,6	36,5	—	—
875	10,9	49,0	10	42,2	36,5	39,0	—	
—	**10,5**	—	—	**41,1**	**35,6**	**37,8**	**11**	
455	5,6	56,4	10	30,1	27,7	30,4	—	—
445	5,4	53,1	10	40,5	37,8	35,3	—	
—	**5,5**	—	—	**35,3**	**32,8**	**32,9**	[22]	
315	3,8	52,8	5	—	26,5	36,8	—	—
310	3,8	54,9	10	31,8	28,0	32,9	—	
—	**3,8**	—	—	[31,8]	**27,3**	**34,9**	[24]	

Tabelle 4. **Verhältniß zwischen den Festigkeitseigenschaften bei Zimmerwärme und bei niederen oder höheren Wärmegraden.**

Festigkeits-eigenschaften	Verhältnißzahlen für den Einfluß verschiedener Wärmegrade, bezogen auf die Werthe für Zimmerwärme, diese = 100 gesetzt															
	Versuchswärme C°	bei den Rundstangen						bei den Platten								
		IX		X		XI		I			II			VI		
		hart gezogen	geglüht	hart gezogen	geglüht	hart gezogen	geglüht	hart gewalzt	geglüht und gehämmert	geglüht	hart gewalzt	geglüht und gehämmert	geglüht	hart gewalzt	geglüht und gehämmert	geglüht
Spannungen an der Streckgrenze.	— 20	102	117	100	78	105	108	106	107	120	103	100	120	103	[104]	100
	+ 100	97	91	92	71	96	81	99	100	91	[96]	93	100	91	89	129
	200	90	98	83	[40]	77	81	91	88	80	81	[79]	95	72	76	84
	300	70	80	60	49	57	54	[67]	63	76	59	60	66	57	[63]	76
	400	47	—	[43]	[57]	10	67	47	47	69	20	49	55	5	5	[63]
	500	[14]	[83]	[6]	[38]	[5]	[40]	[19]	(19)	[30]	[8]	[7]	[27]	[5]	[5]	[39]
	600	[9]	[74]	[4]	[29]	—	[33]	[5]	[13]	[23]	[5]	[7]	[27]	[3]	[5]	[31]
Bruch-Spannungen.	— 80	101	106	102	107	104	103	105	109	104	103	105	108	105	107	106
	— 20	102	107	103	108	103	107	106	109	105	104	101	107	104	103	107
	+ 100	96	94	94	90	94	87	96	98	95	[95]	94	89	92	91	90
	200	91	89	85	75	81	74	94	92	92	83	81	77	81	78	73
	300	83	90	68	67	65	66	[84]	79	82	70	68	69	68	66	64
	400	65	70	47	48	38	[53]	66	60	69	49	55	58	38	39	46
	500	24	40	20	28	20	30	30	31	38	23	23	31	20	21	[27]
	600	15	24	12	17	11	18	13	17	24	13	12	25	14	14	19
Dehnungen auf je 30 mm von der Bruchstelle.	— 80	111	101	112	101	122	96	88	105	89	138	109	94	115	120	98
	— 20	124	108	127	111	138	105	106	107	95	159	112	103	146	163	103
	+ 100	84	92	88	106	99	103	61	77	86	68	100	99	81	99	97
	200	94	97	91	107	113	99	77	95	83	67	92	93	91	100	105
	300	[105]	81	105	109	159	102	—	42	—	86	112	87	89	62	103
	400	—	—	[54]	[25]	460	[75]	[34]	39	—	[270]	66	56	319	470	64
	500	517	107	—	41	200	42	158	86	58	—	[187]	40	274	325	[48]
	600	—	122	[163]	—	[137]	[23]	—	230	53	—	142	64	[246]	[288]	50

2. Proportionalitätsgrenze.

Von den drei Sorten **Rundkupfer** zeigen die im geglühten Zustande untersuchten Proben überhaupt keine Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung. Durch das Hartziehen haben die beiden Sorten IX und X Proportionalität erlangt und zwar IX bei + 20 bis 300 C°, X bei — 20 bis 200 C°. Scharf ausgeprägt trat sie aber auch bei diesen Sorten nicht hervor, sodaß die Werthe zum größten Theil durch Einklammern als unsicher gekennzeichnet werden mußten.

Von den geglühten **Platten** weisen nur einzelne Proben der Sorte I Proportionalität auf. Die durch Kaltwalzen und durch Hämmern mechanisch gehärteten Plattenproben lassen innerhalb gewisser Wärmegrade (von — 20 bis 100 oder 200 C°) Proportionalität erkennen; am ausgeprägtesten ist sie bei der Sorte I und am unsichersten war ihre Bestimmung bei der Sorte VI.

Die Proportionalitätsgrenze lag, soweit sie bei den einzelnen Wärmezuständen überhaupt vorhanden war, am höchsten bei der Plattensorte I.

Der Einfluß der Wärme auf die Lage der P-Grenze und die Größe des Elasticitätsmoduls ist bei den verschiedenen Sorten verschieden. Mit Rücksicht auf die Unsicherheit in der Bestimmung der Einzelwerthe nehme ich jedoch von der näheren Erörterung unter Hinweis auf Tab. 3 Abstand.

Tabelle 5. **Verhältniß zwischen den Festigkeitseigenschaften des geglühten zum bearbeiteten Material bei verschiedenen Wärmegraden.**

Festigkeits-eigenschaften	Verhältnißzahlen für den Einfluß der mechanischen Bearbeitung									
	Wärme-zustand C°	Rundstangen			Bleche					
		IX	X	XI	I		II		VI	
		hartgezogen			hart-gewalzt	geglüht und ge-hämmert	hart-gewalzt	geglüht und ge-hämmert	hart-gewalzt	geglüht und ge-hämmert
Spannungen an der Streckgrenze.	— 20	561	620	637	384	391	427	433	[545]	[540]
	+ 20	644	486	[652]	436	438	495	518	530	520
	100	689	630	767	472	480	[473]	480	374	359
	200	588	[1007]	620	497	480	422	[432]	454	470
	300	564	597	685	[386]	361	438	470	403	[433]
	400	—	[365]	100	296	300	181	458	[39]	[42]
	500	[111]	[76]	[84]	[279]	(279)	[147]	[127]	[63]	[68]
	600	[79]	[68]	—	[106]	[245]	[100]	[127]	[60]	[87]
Bruch-Spannungen.	— 80	146	132	144	129	132	121	124	126	127
	— 20	146	133	137	130	130	123	121	123	121
	+ 20	153	138	143	128	126	126	128	127	126
	100	155	145	155	129	130	[135]	136	129	127
	200	156	156	157	130	126	136	136	140	134
	300	141	142	142	[130]	121	128	126	133	129
	400	143	135	[102]	122	109	107	124	104	106
	500	93	97	95	102	103	95	97	[93]	[100]
	600	96	98	93	72	92	66	63	93	93
Dehnungen auf je 30 mm von der Bruchstelle.	— 80	24	23	22	40	28	38	21	32	22
	— 20	26	24	23	45	27	40	20	38	29
	+ 20	22	21	17	41	24	26	18	27	18
	100	20	17	16	29	21	18	18	23	18
	200	22	18	19	37	27	19	18	23	17
	300	[29]	20	[27]	—	—	26	23	24	11
	400	—	[46]	[104]	—	—	[124]	21	134	132
	500	107	—	82	111	36	—	[86]	[154]	[121]
	600	—	—	[103]	—	103	—	40	[132]	[103]

3. Die Streckgrenze und Bruchgrenze.

Der Verlauf des Einflusses der Wärme auf die Spannungen an der Streckgrenze und beim Bruch ist nahezu der gleiche; er kann daher für beide gemeinsam besprochen werden. Um ihn übersichtlicher zu gestalten, sind die Werthe aus Tab. 3 gesondert für das Rundkupfer und für die Platten in Fig. 16 u. 17 als Schaulinien dargestellt. Hierbei sind die Zugehörigkeit der einzelnen Linien zu den verschiedenen Kupfersorten durch die beim Auftragen der Beobachtungspunkte gewählten Zeichen (• ○ ×) und die Bearbeitungszustände des Materials durch die Ausführung der Linien gekennzeichnet. Das Nähere ist aus den Angaben über den Figuren zu ersehen.

Aus dem Verlauf der Linien ergiebt sich zunächst allgemein,

> daß die Streckgrenze des mechanisch bearbeiteten Materials und die Bruchfestigkeit des geglühten sowie des bearbeiteten Materials mit wachsender Wärme beständig abnehmen. Die Abnahme ist bis zu etwa 200—300 C° verhältnißmäßig gering, schreitet dann aber mit wachsender Wärme erheblich schneller fort.

Die Lage der punktirten Linien für den ausgeglühten Zustand zu den vollausgezogenen und gestrichelten Linien für das hart gezogene bez. hart gewalzte und für das gehämmerte Material bestätigt,

daß durch die mechanische Bearbeitung im kalten Zustande sowohl die Bruchfestigkeit als auch und zwar ganz besonders die Streckgrenze gehoben wird. Mit wachsender Versuchswärme geht dieser Einfluß der Bearbeitung immer mehr verloren, sodaß von 500 C° zum Theil auch schon von 400 C° ab die Festigkeiten des vor dem

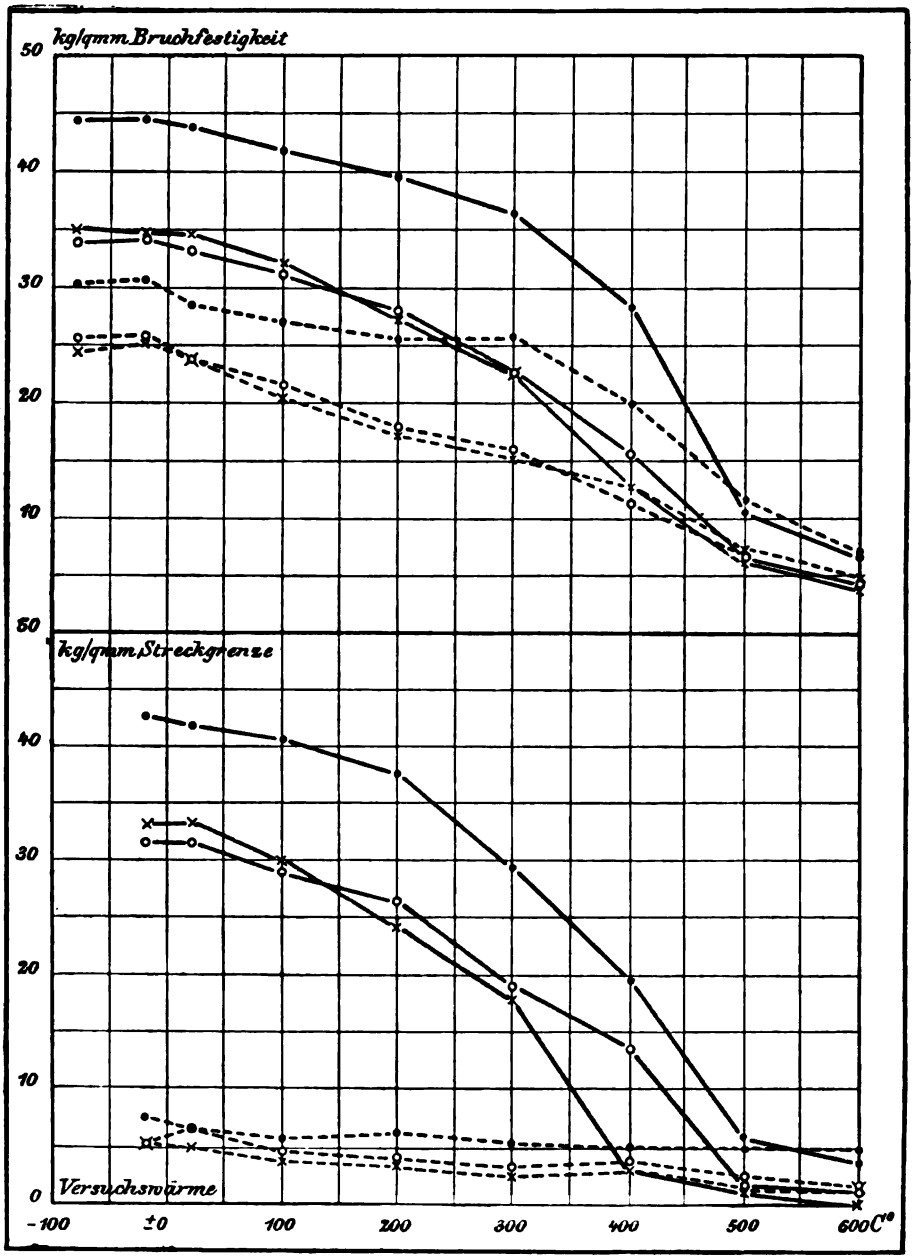


Fig. 16. Festigkeit der 3 Sorten Rundkupfer bei verschiedenen Wärmegraden.
• Sorte IX; ○ Sorte X; × Sorte XI. ——— hartgezogen; – – – – geglüht.

Versuch mechanisch kalt bearbeiteten Materials diejenigen des geglühten im Allgemeinen nicht mehr übertreffen. Nur die beiden Plattensorten I und II zeigen selbst bis zu 600 C° hinauf im mechanisch bearbeiteten Zustande erheblich höhere Spannungen an der Streckgrenze als im ausgeglühten Zustande (s. auch Tab. 5). In Fig. 17 weichen die paarweise zusammengehörigen vollausgezogenen Linien für das hart-

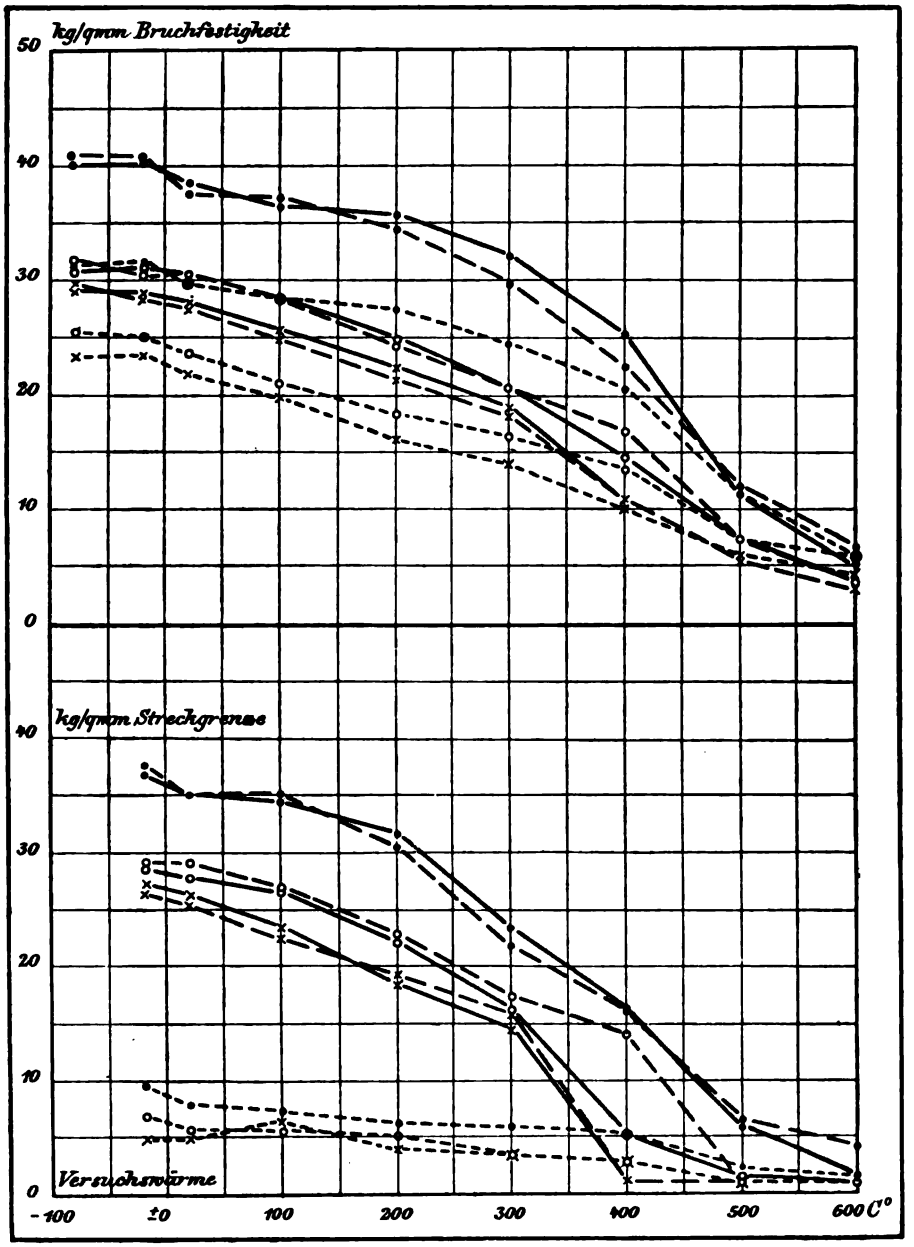


Fig. 17. Festigkeit der 3 Sorten Platten bei verschiedenen Wärmegraden.

• Platte I; ○ Platte II; × Platte VI. ——— hartgewalzt; – – – – geglüht; ——— geglüht u. gehämmert.

gewalzte Material und die gestrichelten Linien für das in der Versuchsanstalt kalt gehämmerte Material nur für die Plattensorte II bei 400 C° nennenswerth von einander ab, im übrigen fallen sie für dasselbe Material nahezu zusammen. Hieraus folgt,

daß alle drei Plattensorten hinsichtlich ihrer Festigkeit an der Streckgrenze und beim Bruch durch das Hartwalzen in den gleichen Zustand gebracht wurden wie durch das kalte Hämmern.

Die höchsten Spannungen an der Streck- und Bruchgrenze zeigt unter den drei Sorten Rundkupfer (Fig. 16) bei allen Wärmegraden die Sorte IX und zwar sowohl im geglühten als auch im kalt gezogenen Zustande. Die beiden anderen Sorten X und XI unterscheiden sich hinsichtlich der Festigkeit nur wenig. Ihre Schaulinien für den hartgezogenen Zustand überschneiden sich bei 130—150 C°, sodaß die Sorte X bei niederen, die Sorte XI bei höheren Wärmegraden als die festere erscheint. Im geglühten Zustande fallen die Schaulinien für die Bruchfestigkeit fast vollständig zusammen. Dagegen liegt die Streckgrenze der Sorte X durchweg etwas höher als die der Sorte XI. Die Unterschiede sind indessen, wie gesagt, so gering, daß man in ihnen jedenfalls keinen nennenswerthen Einfluß des bei der Sorte X um etwa 0,2 % höheren Gehaltes an fremden Bestandtheilen des Kupfers zu Gunsten der Festigkeit erblicken kann. Ob aber die höhere Festigkeit der Sorte IX in dem Einfluß der chemischen Zusammensetzung begründet ist, kann nicht gesagt werden, da über die Zusammensetzung dieses Materials nähere Angaben fehlen.

Unter den drei Sorten Platten (Fig. 17) zeigt wieder das Material I in allen drei Zuständen der mechanischen Bearbeitung und bei allen Wärmegraden die höchsten Festigkeiten. Die beiden anderen Platten II und VI besitzen im geglühten Zustande gleich hohe Streckgrenze. Im Uebrigen ist die Sorte II der Sorte VI bis zu etwa 500—600 C° an Festigkeit stets überlegen. Der Unterschied beträgt etwa 2—3 kg/qmm. Da nun nach Angabe des Hüttenwerkes alle Platten nach dem gleichen Verfahren hergestellt sind, so erscheint es nicht ausgeschlossen,

daß die höhere Festigkeit der Sorte II in ihrer chemischen Zusammensetzung, d. h. in ihrem höheren Gehalt an fremden Bestandtheilen begründet ist.

Aus dem Vergleich der Verhältnißzahlen Tab. 4 ergiebt sich, daß

die Größe des Wärmeeinflußes, d. h. die Verminderung der Festigkeit mit zunehmender Wärme bei allen 6 Sorten und bei den gleichen Bearbeitungszuständen des Materials nahezu die gleiche ist, und zwar ist sie bei dem geglühten Material geringer als bei dem mechanisch kalt bearbeiteten, aber wieder gleich bei dem kalt gewalzten und dem gehämmerten Material.

4. Die Bruchdehnung.

Der Verlauf der Bruchdehnung, gemessen auf je 30 mm zu beiden Seiten der Bruchstelle, ist für das Rundkupfer und für die Platten getrennt durch die Linien Fig. 18 u. 19 veranschaulicht. Die Unterscheidung nach Material und dessen Zustand ist die gleiche wie bei den Fig. 16 u. 17.

Die einzelnen Linien zeigen bei ausgeprägt wellenförmigem Verlauf mehrere Wendepunkte. Daß dies nicht durch Zufälligkeiten veranlaßt ist, sondern in gesetzmäßigem Zusammenhange mit dem Einfluß der Wärme steht, dürfte zur Genüge daraus hervorgehen, daß der

wellenförmige Verlauf der Linien in den einzelnen Gruppen, also bei den verschiedenen Materialien, stets den gleichen Charakter hat und die Wendepunkte für die einzelnen Linien derselben Gruppe nahezu gleiche Abscissen haben, d. h daß der Wechsel in der Dehnung bei denselben Wärmegraden eingetreten ist.

Verfolgt man die Linien im Sinne steigender Wärme von links nach rechts, so zeigt sich Folgendes:

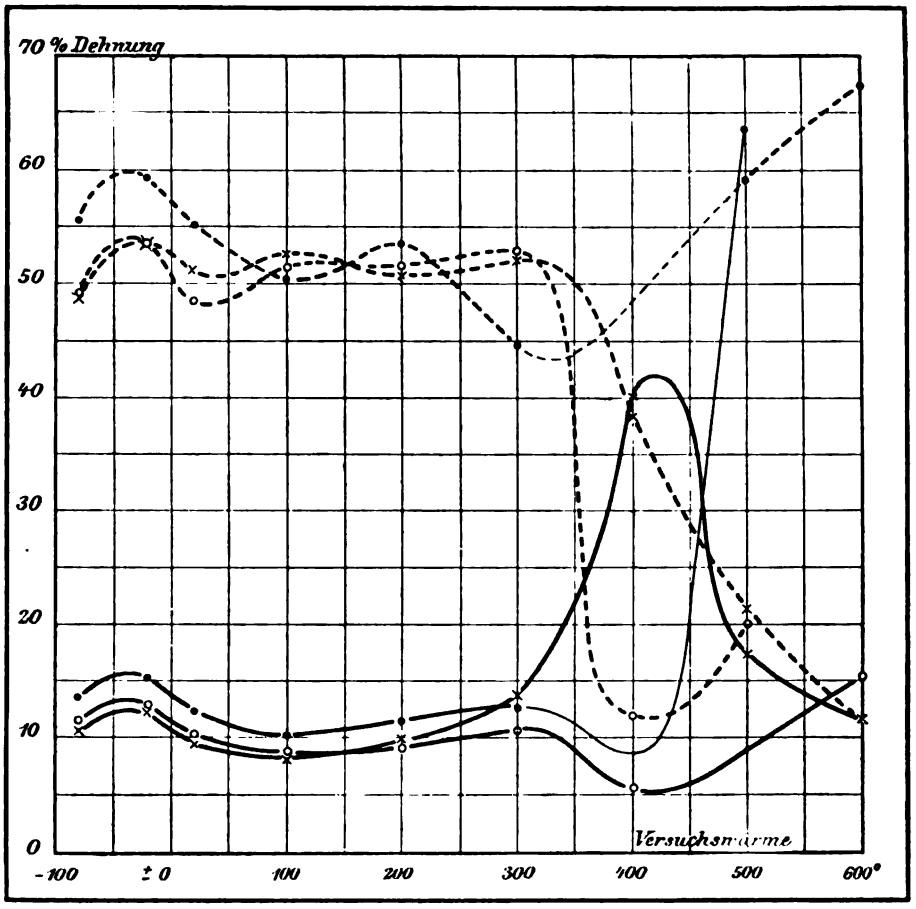


Fig. 18. Bruchdehnung der 3 Sorten Rundkupfer bei verschiedenen Wärmegraden.
• Sorte IX; ○ Sorte X; × Sorte XI. ——— hartgezogen; – – – – geglüht.

1. Mit Ausnahme der geglühten Platte I Fig. 19 besitzen alle untersuchten Sorten innerhalb des Wärmebereichs von — 80 bis etwa 300 C° die größte Dehnbarkeit bei — 20 C° (s. auch Tab. 4).
2. Innerhalb 20 bis 300 C° (bei IX bis 200 C°) änderten die **Rundstangen** (s. Fig. 18) ihre Dehnbarkeit nur wenig. Auf das geglühte Material ist der Einfluß steigender Wärme wechselnd und bei dem hartgezogenen Material nimmt die Dehnung bis 100 C° um weniges ab und dann mit der Wärme wieder zu.

3. Ueber 300 C° verhielten sich die untersuchten Stangen sehr verschieden, wohl aber bestehen folgende interessante Beziehungen im Verhalten der geglühten und der hartgezogenen Proben desselben Materials zu einander.

Die Dehnung des geglühten Materials IX erreicht ihren geringsten Werth (43%) anscheinend[1]) zwischen 300 und 400 C°, um dann mit steigender Wärme schnell bis auf 67 % bei 600 C° anzuwachsen. Bei Prüfung im hartgezogenen Zustande nimmt die Dehnung, wie

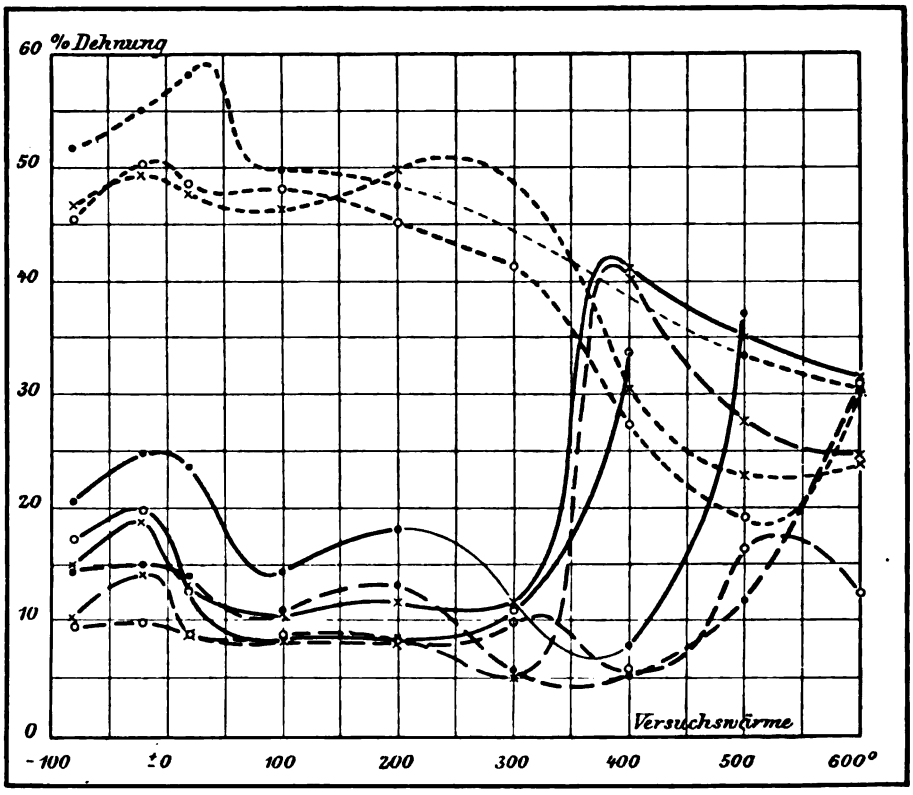


Fig. 19. Bruchdehnung der 3 Sorten Platten bei verschiedenen Wärmegraden.
• Platte I; ○ Platte II; × Platte VI. ——— hartgewalzt; – – – – geglüht; ——— geglüht u. gehämmert.

schon gesagt ist, von 100 C° bis zu 300 C° um Weniges (von 10—13 %) zu, dann fällt sie wahrscheinlich bis 400 C°, um hierauf mit weiter steigender Wärme ebenso wie bei dem geglühten Material schnell anzuwachsen. Bei etwa 500 C° erreicht sie den gleichen Werth wie die Dehnung des geglühten Materials, ob sie aber letztere bei höheren Wärmegraden

[1]) Der Verlauf der beiden Schaulinien für IX konnte zwischen 300 und 500 C° nicht mit Sicherheit bestimmt werden, da die Stäbe beider Zustände (geglüht und kaltgezogen) bei 400 C° am Kopf rissen und somit die Dehnung auf je 30 mm zu beiden Seiten des Bruches nicht gemessen werden konnte. Bei dem hart gezogenen Material riß auch bei 300 C° der eine Stab am Kopf; hierbei betrug die Dehnung für 90 mm Meßlänge (s. Tab. 3) 7,9 % gegenüber 12,9 % auf je 30 mm vom Bruch bei dem zweiten in der Mitte gerissenen Stabe. Die beiden bei 400 C° geprüften und ebenfalls am Kopf gerissenen Stäbe zeigten auf 90 mm Meßlänge im Mittel 5,2 % Dehnung Um nun einen Anhalt zu gewinnen, welcher Verlauf der Schaulinie zwischen 300 und 500 C° zu geben ist, habe ich geglaubt, die Dehnungen auf 90 mm Meßlänge beim Bruch am Kopf und auf je

thatsächlich überholt, wie es den Anschein hat, muß dahin gestellt bleiben, weil die Bruchdehnung bei 600 C° für das hartgezogene Material aus den angestellten Versuchen wieder nicht ermittelt werden konnte.

Bei dem Material X nimmt die Dehnung für beide Zustände mit Ueberschreitung von 300 C° ab und oberhalb 400 C° wieder zu. Die Grenzwerthe bei 300 und 400 C° betragen für das geglühte Material 53 und 12 % und für das hartgezogene 11 und 6 %. Die Abnahme ist also bei dem geglühten Material erheblich größer als bei dem hartgezogenen, doch bleibt die Dehnung des letzteren auch bei höheren Wärmegraden die kleinere.

Die Dehnung des Materials XI im geglühten Zustande nimmt von etwa 300 C° ab mit steigender Wärme (bis zu 600 C°) beständig und schnell ab (von 52 % auf 12 %). Bei dem hartgezogenen Material nimmt sie bis zu 400 C° zu, erreicht hier mit 40 % etwa den gleichen Werth wie bei dem geglühten Material und geht dann wie bei letzterem wieder schnell zurück, sodaß sie bei 600 C° ebenfalls nur noch 12 % beträgt.

4. Bei den geglühten **Plattenproben** äußert sich der Einfluß wachsender Wärme bis zu 500 C° in Verminderung der Bruchdehnung und zwar ebenso wie bei dem Rundkupfer besonders stark oberhalb 300 C°. Mit Ueberschreitung von 500 C° nimmt die Dehnung bei den Sorten II und VI wieder zu.

Bei der Sorte VI wird die Verminderung der Dehnung mit wachsender Wärme zwischen 100 und 250 C° durch ein nochmaliges Anwachsen von 46 auf 51 % unterbrochen.

Die Bruchdehnung der hartgewalzten und der kaltgehämmerten Platten erleidet, von einigen Unterbrechungen abgesehen, durch die Steigerung der Wärme von etwa 20 C° bis auf 300 C° und bei der Sorte I bis auf 400 C° eine geringe Abnahme. Mit Ueberschreitung dieser Wärmegrade nimmt die Dehnung dann zunächst schnell zu und zwar mit einer Ausnahme, die das Material VI im gehämmerten Zustande bildet bis über die Dehnungswerthe des geglühten Materials.

Soweit Beobachtungswerthe vorliegen, tritt bei dem Material aus den Platten I oberhalb 400 C° keine nochmalige Abnahme ein, wohl aber bei dem gehämmerten Material II oberhalb 500 C° und bei dem Material VI in beiden Bearbeitungszuständen mit Ueberschreitung von 400 C°.

Hervorgehoben möge ferner noch an dieser Stelle sein, daß das Rundkupfer IX im hartgezogenen und geglühten Zustande und die drei Platten I, II und VI im mechanisch gehärteten Zustande bei 500 und 600 trotz verhältnißmäßig großer Dehnung nur geringe Querschnittsverminderung aufweisen.

---

30 mm von der Bruchstelle (δ_{30}) als direkt proportional annehmen und hiernach das fehlende δ_{30}^{400} für 400 C° unter Zugrundelegung der vorgenannten Werthe aus folgender Proportion $7{,}9 : 12{,}9 = 5{,}2 : \delta_{30}$ berechnen zu können. Es ergiebt sich dann $\delta_{30}^{400} = 8{,}5$ %. Dieser Werth ist zur Verzeichnung der Schaulinie verwendet, letztere aber, da ihr Verlauf zwischen 300 und 500 C° unsicher ist, innerhalb dieses Wärmebereiches feiner ausgezogen.

Für die dem geglühten Material IX angehörige Schaulinie fehlten die Unterlagen zur Berechnung des Dehnungswerthes nach vorgenanntem Verfahren. Die Linie konnte daher zwischen 300 und 500 C° lediglich unter Berücksichtigung des Verlaufes jenseits dieser beiden Grenzen nach freiem Ermessen ergänzt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die vorstehend im Einzelnen besprochenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. Die mechanische Bearbeitung (Hartziehen, Hartwalzen und Kalthämmern) erhöhte, wie auch schon aus älteren Versuchen bekannt ist, die Festigkeit des Materials und zwar besonders die Spannung an der Streckgrenze unter erheblicher Verminderung der Bruchdehnung und schafft bei einzelnen Kupfersorten Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung.
2. Der Einfluß steigender Wärme äußerte sich wie folgt:
   a) Die Festigkeit des Materials wird stetig vermindert und zwar bis zu etwa 200 — 300 C° in verhältnißmäßig geringerem Maße als bei höheren Wärmegraden.
   b) Die Dehnung für gleiche Spannungen innerhalb der Streckgrenze nimmt im Allgemeinen mit steigender Wärme zu. Bei einzelnen Kupfersorten äußert sich dieser Einfluß erst bei höheren Belastungen.
   c) Die Bruchdehuung wird durch Abkühlung auf — 20 C° gesteigert; zwischen + 20 und 300 C° ist sie nahezu gleichbleibend, während höhere Wärmegrade im Allgemeinen die Dehnung des geglühten Materials verringern und diejenige des mechanisch bearbeiteten Materials steigern.
   d) Die durch voraufgegangene mechanische Bearbeitung bewirkte Erhöhung der Festigkeit (Streckgrenze und Bruch) bleibt bis zu 200—300 C° fast unverändert erhalten, dann geht sie mit steigender Wärme allmählich verloren derart, daß das mechanisch bearbeitete Material bei 500 C° wieder die gleiche Streckgrenze und Bruchfestigkeit besitzt wie das geglühte Material.

      Die durch mechanische Bearbeitung erzeugte Proportionalität zwischen Belastung und Dehnung geht bei 200—300 C° wieder verloren. Die Bruchdehnung des mechanisch bearbeiteten Materials bleibt theils bis zu 600 C° geringer als die des geglühten Materials, theils nimmt sie mit Ueberschreitung von 300 C° höhere Werthe an.
3. Der Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Materials d. h. des verschiedenartigen Gehaltes an fremden Beimengungen tritt an den vorliegenden Ergebnissen nicht deutlich zu Tage. Wie es scheint, bewahrt das weniger reine Kupfer die durch mechanische Bearbeitung erzeugte Proportionalität besser bei höheren Wärmegraden und erlangt bei gleichartiger Behandlung höhere Festigkeiten.

Tabelle 6. **Ergebnisse der chemischen Untersuchung und die**

Material: P = Platte R = Rundkupfer	Gehalt in Prozenten an								Festigkeits- Geglüht			
									Spannungen kg/qmm			Verhältniß
	Zinn	Arsen	Antimon	Wismuth	Blei	Zink	Nickel	Eisen	σ_P	σ_s	σ_B	σ_s/σ_B
P I	2,25	fehlt	Spuren	Spuren	fehlt	0,37	fehlt	0,03	3,7	8,0	29,9	27
R IX	1,86	„	„	„	„	0,43	0,04	0,10	—	6,5	28,6	23
P II	0,03	0,01	0,17	„	0,02	fehlt	0,29	0,03	—	5,6	23,6	24
R X	Spuren	0,02	0,19	0,01	fehlt	„	0,20	0,04	—	6,5	23,9	27
P VI	fehlt	fehlt	fehlt	Spuren	„	„	fehlt	0,01	—	4,9	21,9	22
R XI	0,02	0,04	„	0,01	0,05	„	0,15	0,04	—	[4,8]	23,8	[20]

Schlußwort.

Die Schlußfolgerungen, welche aus den vorliegenden Versuchsergebnissen abgeleitet sind, lassen sich nur insoweit verallgemeinern, als sie die Erhöhung der Festigkeit des Materials durch mechanische Bearbeitung und deren Wiederbeseitigung bei 500 C° sowie die gleichartige Wirkung des Hartwalzens und Kalthämmerns darthun. Dagegen bedürfen diese Versuche der weiteren Ergänzung zur Lösung der Frage nach dem Einfluß der chemischen Zusammensetzung und des Ursprunges des Materials aus verschiedenartig zusammengesetzten Rohkupfersorten auf den Wirkungsgrad der mechanischen Bearbeitung und der steigenden Wärme. Zur erschöpfenden Lösung dieser Fragen wird es erforderlich sein, möglichst verschiedenartiges Material in die weitere Untersuchung hineinzuziehen. Hierbei würde am besten die chemische Zusammensetzung gleichmäßig durch die gebräuchlichen oder zufällig vorkommenden Beimengungen nach genau festgelegten Gesichtspunkten zu verändern sein und sowohl die Herstellung des Rohkupfers als auch die Erzeugung des fertigen Materials in ihren Einzelheiten zu überwachen sein, um später alle hierbei auftretenden Nebeneinflüsse bei Beurtheilung der Versuchsergebnisse mit in Rücksicht ziehen zu können. Die sachgemäße Durchführung dieser Aufgabe würde aber eine erhebliche Vermehrung der Mittel und Einrichtungen der Anstalt bedingen. Solange letztere nicht verfügbar sind, dürfte es immerhin zweckmäßig sein, den bisher beschrittenen Weg fortzusetzen, nämlich die Untersuchungen an dem durch die Werke nach freiem Ermessen bereit gestellten Material durchzuführen. Bei derartigen Untersuchungen fehlt zwar vor Allem die Möglichkeit, die Nebeneinflüsse zu berücksichtigen, welche die Eigenschaften des Materials während der Herstellung beeinflußten; sie versprechen daher nicht, die vollständige Lösung der gestellten Fragen zu liefern, immerhin tragen sie aber zur Klärung der Sachlage bei und gewähren den Vortheil, den eventuell später aufzustellenden erschöpfenden Arbeitsplan unter Berücksichtigung der bereits vorliegenden Ergebnisse sachgemäß ausgestalten und auf das Nothwendigste beschränken zu können.

Nachschrift.

Nach Erstattung des vorstehenden Berichtes ist auch die chemische Untersuchung der zu den Zugversuchen verwendeten 6 Kupfersorten von dem Herrn Minister angeordnet und durch die Königl. chemisch-technische Versuchsanstalt ausgeführt.

Die hierbei erzielten Ergebnisse sind in Tab. 6 den Mittelwerthen aus den Zugversuchen bei Zimmerwärme gegenübergestellt.

Mittelwerthe aus den Festigkeitsversuchen bei Zimmerwärme.

eigenschaften bei Zimmerwärme und den nachgenannten Zuständen

	Hartgewalzt oder hartgezogen					gehämmert				
Dehnung auf 60 mm	Spannungen kg/qmm			Verhältniß	Dehnung auf 60 mm	Spannungen kg/qmm			Verhältniß	Dehnung auf 60 mm
%	σ_P	σ_S	σ_B	σ_S/σ_B	%	σ_P	σ_S	σ_B	σ_S/σ_B	%
58,2	10,6	34,9	38,2	91	23,6	10,1	35,0	37,6	93	13,8
55,1	[8,4]	41,9	43,8	96	12,3	—	—	—	—	—
48,7	4,4	27,7	29,8	93	12,5	[6,4]	29,0	30,3	96	8,8
48,3	—	31,6	33,0	96	10,1	—	—	—	—	—
47,7	[7,4]	26,0	27,7	94	12,9	[11,5]	25,5	27,5	93	8,6
51,0	—	31,3	34,0	92	8,7	—	—	—	—	—

2. Vergleichende Betrachtungen über einige Ergebnisse von Versuchen mit Garnen und Seilen aus Hanf.

Von Prof. B. Kirsch in Wien.

(„Mittheilungen des Technologischen Gewerbe-Museums" 1898.)

Die nachfolgenden Auseinandersetzungen beziehen sich auf diejenigen Ergebnisse der Berliner und Wiener Versuche[1]), durch welche ein Meinungsaustausch zwischen Prof. Rudeloff und mir entstand.

Es wurden vier Punkte diskutirt, von denen der eine durch Prof. Rudeloff, drei durch mich aufgeworfen wurden. Prof. Rudeloffs Arbeit erschien kurz vor dem II. Theil meiner Seiluntersuchungen, so daß ich Gelegenheit fand, jene drei Punkte schon damals gleich im II. Theil meiner Abhandlung hervorzuheben, in welchen ich anderer Meinung war. Prof. Rudeloff konnte diesen Erörterungen nichts entgegnen, insofern er sie in zwei Abhandlungen vollständig überging und nur den einen von ihm beanstandeten Punkt der Versuchslänge besprach. Ich nahm wegen der Wichtigkeit der Sache Gelegenheit, diesen Sachverhalt in meiner letzten Arbeit über diesen Gegenstand[2]) festzustellen. Was die nunmehrige Erwiderung Prof. Rudeloffs[3]) zu Tage förderte, werde ich mir erlauben im Nachstehenden zu beleuchten.

1. Ueber Proben mit sehr ungleichmäßigem Material und über die nothwendige Zahl der auszuführenden Einzelversuche.

Zunächst möchte ich allgemein Einiges über Untersuchungen mit sehr ungleichmäßigen Materialien vorausschicken, woraus hoffentlich bei der Anwendung auf den vorliegenden Fall deutlich wird, warum mir die von Prof. Rudeloff gewählte Zahl der Einzelversuche zur Erkennung verschiedener Einflüsse zu gering erscheint.

Hat man es zunächst mit einem absolut gleichmäßigen Material zu thun und will einen Einfluß, z. B. den der Versuchslänge, auf die Festigkeit untersuchen, so wird man für jede Länge mehrere Versuche machen, die nur durch unvermeidliche Beobachtungsfehler von einander abweichen. Aus diesen bildet man das Mittel und kann auch den wahrscheinlichen Fehler des Mittels $\sqrt{\frac{\Sigma(v^2)}{n(n-1)}}$ bestimmen. Das Gesetz würde dann nur durch die Unsicherheit wegen dieses Fehlers am Mittel etwas unbestimmt, aber doch erkennbar zum Ausdruck kommen müssen. Diese aufgetragenen Mittel würde man direkt durch Einzeichnen einer Linie vereinigen können.

---

[1]) Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluß des Materials und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen. Mittheilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin. 1893, S. 89. — Kirsch, Ergebnisse der Untersuchungen von Hanfseilen auf deren Festigkeitseigenschaften. Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums in Wien. 1893, S. 81 (I. Theil) und S. 287 (II. Theil).

[2]) Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen. Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums in Wien. 1897, S. 151.

[3]) Desgleichen Mittheilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin. 1897, S. 250.

Ganz anders verhält sich die Sache bei ungleichmäßigen Materialien, für die man einen solchen Einfluß untersuchen will. Es ist ganz zweifellos, daß, je größer die Ungleichmäßigkeit des Materials ist, desto mehr Einzelversuche gemacht werden müssen, und daß es ein Kriterium geben muß, welches einen Fingerzeig abgiebt, ob die gewählte Zahl der Einzelversuche bei der vorhandenen Ungleichmäßigkeit ausreicht oder nicht, ein Kriterium, mit welchem ein vorsichtiger Experimentator rechnen sollte. Man denke sich vorerst mit dem ungleichmäßigen Material eine größere Zahl von Versuchen, z. B. 20 oder 30, ausgeführt, um die Ungleichmäßigkeit beurtheilen zu können. Je mehr hierzu Versuche ausgeführt werden, desto zuverlässiger wird das Bild der Ungleichmäßigkeit sich darstellen. Die Werthe schwanken alsdann zwischen zwei Grenzen (dem kleinsten und dem größten vorkommenden Werth) und es werden in der Nähe des Mittelwerthes die meisten derselben liegen.

Denkt man sich nun den Fall, daß man, um bei der Bestimmung des Einflusses der Versuchslänge auf die Festigkeit als Beispiel stehen zu bleiben, für jede Versuchslänge nur einen Versuch gemacht hätte, so würde derselbe innerhalb der zwei Grenzen liegen, die für die Ungleichmäßigkeit bei 30 Versuchen gefunden wurden, und zwar je nachdem, welchen der 30 Einzelversuche man gerade erwischt hätte, könnte dieser Einzelwerth jede Lage innerhalb dieser zwei Grenzen einnehmen. Diese beiden Grenzen gelten für jede Versuchslänge, weil man im Voraus noch nicht weiß, ob ein Einfluß derselben vorhanden ist; man könnte daher einen Streifen parallel zur Abscissenaxe zeichnen von der Breite, die dem Abstand der zwei Grenzen entspricht[1]). Wenn bei jeder Versuchslänge nur ein Versuch stattfand und diese Einzelwerthe in einem Zickzack aufgetragen wurden und dieselben ferner alle innerhalb dieses Streifens zu liegen kamen, so wird man nicht das Recht haben, auf eine Veränderlichkeit sicher zu schließen, auch nicht in dem Falle, daß eine ganz gut ansteigende Linie entstand, weil der Zufall innerhalb der Schwankungsgrenzen des Materials sein Spiel getrieben haben kann. Der Zufall ist bei sehr ungleichmäßigen Materialien oft sehr störend und die sichere Ableitung von Gesetzen sehr vorsichtig vorzunehmen.

Nehmen wir den Fall an, es seien mehrere Versuche für jede Versuchslänge ausgeführt worden, z. B. fünf, so können diese fünf aus der Reihe jener 30 jede Kombination der fünften Klasse sein und die Schwankungsgrenzen ziehen sich enger. Diese neuen Grenzen lassen sich bestimmen, wenn jene 30 Versuche über die Ungleichmäßigkeit ausgeführt wurden. Man suche die fünf kleinsten und die fünf größten heraus und bilde die zwei Mittel. Es ist klar, daß die Schwankungen der arithmetischen Mittel sämmtlicher möglichen Kombinationen der fünften Klasse jetzt nur zwischen diesen zwei neuen und sicher engeren Grenzen liegen können. In dieser Weise läßt sich vorstellen, daß für jede Zahl ausgeführter Versuche sich eine gewisse Streifenbreite finden läßt, in der alle Versuche bei verschiedenen Versuchslängen schwanken können, ohne daß irgend ein Einfluß, z. B. der Versuchslänge, vorhanden ist. Das Zickzack der Mittelwerthe von je fünf Versuchen mit jeder Versuchslänge kann noch so schön ansteigend innerhalb des Streifens verlaufen, wir können dennoch nicht mit Sicherheit einen Einfluß der Versuchslänge als nachgewiesen ansehen.

Hieraus geht hervor, daß man vor Anstellung von Versuchen über bestimmte Einflüsse auf ein sehr ungleichmäßiges Material die Pflicht hat, zunächst sich ein Urtheil über die Un-

[1]) Man wird diese Auftragung bei gleichzeitiger Betrachtung verschiedener Materialien natürlich prozentisch vornehmen.

gleichmäßigkeit zu bilden, indem man eine größere Zahl ganz gleicher Versuche ausführt. Auf Grund dieser ist es leicht, für jede Zahl von Versuchen die Schwankungsgrenzen der Mittel zu berechnen. Wenn alsdann die Versuche über jenen Einfluß ausgeführt werden und es stellt sich heraus, daß die ganze Reihe von Versuchen nur innerhalb jener der gewählten Versuchszahl gehörigen Schwankungsgrenzen sich bewegte, so ist die gewählte Zahl der Versuche zu gering, um mit Sicherheit über den betreffenden Einfluß urtheilen zu können. Um die richtige Versuchszahl zu wählen, kann vor der Untersuchung allerdings nur die Schätzung oder das Gefühl in Frage kommen. Aber man hat zweifellos nach Ausführung der Versuche ein sicheres Mittel an der Hand, um die Zuverlässigkeit der Untersuchungen zu beurtheilen.

Für die von Prof. Rudeloff untersuchten Garne liegen spezielle Untersuchungen über den Gleichmäßigkeitsgrad nicht vor. Nimmt man vorläufig einmal an, daß der Gleichmäßigkeitsgrad von Seilgarnen bei den verschiedenen Seilfabriken, die doch nicht wesentlich verschiedene Hilfsmittel und Maschinen benützen, nur unwesentlich verschieden sei, dann genügt es, wenn der Gleichmäßigkeitsgrad einiger von mir untersuchten Garne als nahezu für Garne überhaupt geltend angenommen wird.

Ich erhielt mit einem Garn unter Anwendung von 3 m Versuchslänge folgende Festigkeiten (in kg):

53 62 52 39 57 46 47 52 41 48 48 54 54 60 60 56 59 52 45 51

Mittelwerth: 52 (wahrscheinlicher Fehler $\pm$ 1,4)

also Schwankungen zwischen 39 und 62.

Dem entspricht eine Streifenbreite von $62 - 39 = 23$ oder 44 % vom arithmetischen Mittel.

Bei Untersuchungen mit diesem Garn unter Anwendung von je fünf Versuchen gleicher Art würden die Grenzen 39 und 62 zusammenrücken auf die Mittel

aus den fünf kleinsten Werthen						und den fünf größten Werthen				
41	47	46	39	45		62	57	60	60	59
d. i.		43,6			und			59,6		

also auf $59{,}6 - 43{,}6 = 16$ oder 31 % vom arithmetischen Mittel.

Es wurden nun je fünf Versuche mit den Versuchslängen 3 m, 2 m, 1 m, 0,5 m ausgeführt und diese ganze Untersuchung viermal wiederholt.

Reihe:	Bruchlast in kg bei der Versuchslänge:							
	0,5 m		1 m		2 m		3 m	
	57		63		51		53	
	43		55		38		62	
I.	52	52,6	52	45,6	47	54,2	52	52,6
	62		50		44		39	
	49		51		48		57	
	59		60		50		46	
	66		57		50		47	
II.	47	46,8	57	49,4	46	54,0	52	61,2
	64		47		47		41	
	70		49		54		48	

Reihe:	Bruchlast in kg bei der Versuchslänge:							
	0,5 m		1 m		2 m		3 m	
	54		58		53		48	
	57		67		43		54	
III.	52	55,2	58	52,0	53	58,6	54	56,8
	54		52		51		60	
	67		58		60		60	
	57		53		51		56	
	52		51		64		59	
IV.	53	52,6	43	57,0	52	49,2	52	56,4
	62		45		58		45	
	58		54		51		51	

Die rechts von den Gruppen stehenden Einzelwerthe sind die betreffenden Mittel.

Trägt man wie nachstehend die 4×4 Mittelwerthe auf und gleichzeitig die Grenzgeraden bei 43,6 und 59,6, so fällt nur ein Werth (61,2) wenig über die obere Grenze. Die Höhe der vier gebrochenen Linien beträgt

8,6 14,4 6,6 7,8

oder in % 19 31 13 16,

von denen kein Werth über 31 % (d. i. die Breite des Grenzstreifens) beträgt. Trotzdem die zweite Reihe ein Anwachsen zeigt, kann doch nicht auf eine wachsende Festigkeit mit der Abnahme der Versuchslänge geschlossen werden, da der einen Reihe drei andere gegenüberstehen. Dies gilt natürlich nur für dieses Garn streng genommen.

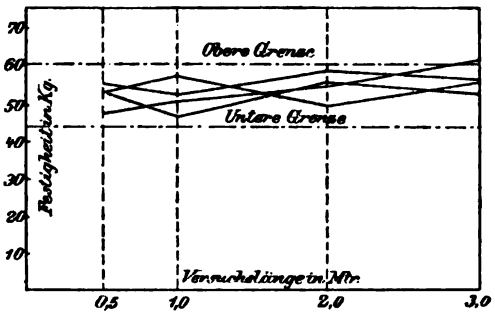


Diagramm der Zugfestigkeiten eines Garnes bei verschiedenen Versuchslängen viermal wiederholt.

Bei Prof. Rudeloffs Versuchen wachsen die Mittelwerthe der untersuchten 12 Garne wie in umstehender Tabelle. Die erste Reihe enthält das kleinste vorgekommene Mittel, welches nicht immer bei 3 m Versuchslänge auftrat, die zweite Reihe die größte Abweichung der Werthe bei den verschiedenen Versuchslängen; in der dritten Reihe findet sich diese Abweichung in % des kleinsten vorgekommenen Mittels (Reihe I), und in der vierten die größte Schwankung der fünf Einzelversuche (in Ermangelung einer größeren Versuchszahl über die Gleichmäßigkeit) in % des Mittels von je fünf zusammengehörigen Werthen.

	I.	II.	III.	IV.
1.	38,2	25,1	66	61
2.	34,9	12,9	37	77
3.	27,7	12,3	44	119
4.	40,2	26,6	66	98
5.	47,5	12,4	26	67
6.	37,8	21,5	57	54
7.	72,2	46,2	64	50
8.	36,5	9,9	27	33
9.	26,5	27,2	102	101

	I.	II.	III.	IV.
10.	107,3	28,7	27	35
11.	104,2	21,4	21	19
12.	59,5	12,5	21	56

Also ist bei fünf Garnen (5., 8., 10., 11. und 12.) vollständiger Verlauf innerhalb des Streifens von 31 %. Bei den sieben übrigen kann der Einfluß als nachgewiesen angesehen werden, aber nur unter der Voraussetzung, daß diese zwölf bezw. sieben Garne keine größeren Ungleichmäßigkeiten hatten, wie das von mir zu Grunde gelegte Garn bei der Bestimmung der Schwankungsgrenze 31 %. Wenn man berücksichtigt, daß durch Ausführung von mehr Versuchen als fünf die Schwankungen nur größer, aber nie kleiner werden können, als die bei den fünf Versuchen aufgetretenen, und darauf achtet, daß unter meinen 20 Versuchen nur 44 % als größte Schwankung auftrat, während diese zwölf Garne bis zu 119 % zeigen, so ist der Schluß nicht ungerechtfertigt, daß jene sieben Garne ungleichmäßiger waren als mein Garn. Es trifft auch zu, daß bei allen sieben Garnen die Prozentzahl der letzten Reihe größer als 44 ist.

Will man hiervon absehen, so ist doch bezeichnend, daß mindestens für alle zwölf Garne die Werthe bei 1 bis 3 m Versuchslänge vollständig innerhalb des Streifens blieben. Deutlich ist nur zwischen 0,5 und 1 m ein Sprung um ca. 20 %. Ein gleichmäßiges Anwachsen der Festigkeit zu behaupten oder eine Kurvenausgleichung vorzunehmen, ist gewagt[1]). Ich leugne nicht, daß vielleicht zwischen 1 m und 3 m Versuchslänge auf Abnehmen der Festigkeit wirkende, noch unbekannte Einflüsse im Spiel sein können, so viel steht aber nach dem oben Entwickelten fest, daß bei so ungleichmäßigem Material wie das Seilgarn die von Prof. Rudeloff angewendete Versuchszahl fünf unbedingt zu klein war, um solche Einflüsse sicher und deutlich zum Ausdruck zu bringen, und zwar einfach deshalb, weil alle seine Garne bei 1 bis 3 m Versuchslänge innerhalb der Schwankungsgrenzen verliefen. Ich füge umstehend noch einige Reihen von Garnproben hinzu, aus denen totale Schwankungen der Einzelversuche von 81 % im Mittel und bei Gruppen von fünf Versuchen 48 % im Mittel sich ergeben.

Ich würde aus den Versuchen Prof. Rudeloffs nichts anderes schließen können, als ein Wachsen der Festigkeit zwischen 0,5 m und 1 m Versuchslänge, was auch mit Prof. Rudeloffs Erklärungen übereinstimmen würde und dies Letztere führt mich nunmehr auf den zweiten Punkt.

2. Ueber Beziehungen, welche man bei der graphischen Ausgleichung von Versuchsergebnissen zu berücksichtigen hat.

Die bekannte Regel, Ausgleichslinien so zu ziehen, daß die nach oben fallenden Flächen insgesammt so groß sind wie die nach unten fallenden, wobei man meist mit dem Augenmaß arbeitet, ist nicht ausreichend bestimmt, weil es unendlich viele Möglichkeiten giebt, diese Bedingung zu erfüllen.

Deshalb wird es auch Niemand anfechten wollen, wenn ich sagte: Man hat beim Ziehen einer Ausgleichslinie immer eine gewisse Willkür zur Verfügung. Dies hat aber nichts mit der oben behandelten Frage zu thun, ob der gewählte Linienzug innerhalb

[1]) Welchen Werth die Behauptung Prof. Rudeloffs hat, seine Versuche hätten ihn gezwungen, diese Ausgleichslinie zu ziehen, ist hiermit gekennzeichnet.

Tauforte	gethert	gethert	gethert	gethert	ungethert	gethert	gethert	Binde-garne
Zahl der Litzen	3	3	3	3	3	3	3	—
Dicke des Taues in Millimeter	35,5	39,1	39,2	41,3	26,8	47,0	47,0	—
Festigkeiten der Garne in Kilogramm	94	89	109	45	70	39	42	59
	85	106	109	46	35	43	37	66
	89	82	76	38	33	59	31	47
	82	90	127	63	55	42	57	64
	106	78	104	50	50	49	36	70
	95	50	102	43	23	33	50	57
	75	44	102	66	52	50	48	43
	104	81	67	72	35	46	44	52
	128	70	126	71	36	34	45	62
	103	89	78	52	38	60	47	49
	90	58	90	68	43	51	41	54
	89	95	92	42	31	59	77	57
	97	85	71	24	34	48	43	52
	80	109	120	79	46	62	63	54
	123	91	118	38	70	34	53	67
	118	81	112	38	—	—	—	57
	74	79	112	83	—	—	—	52
	109	70	130	55	—	—	—	54
	94	81	114	66	—	—	—	62
	85	77	102	57	—	—	—	58
	—	89	86	69	—	—	—	—
	—	103	120	78	—	—	—	—
Mittel	96	82	103	57	43	47	48	57
Kleinster Werth	74	44	67	24	23	33	31	43
Größter Werth	128	109	130	83	70	62	77	70
Differenz derselben	54	65	63	59	47	29	46	27
Desgleichen in Prozenten	56	79	61	103	109	100	96	47
Mittel der fünf kleinsten Werthe	79	58	75	36	31	36	37	49
Mittel der fünf größten Werthe	117	101	125	77	59	58	60	66
Differenz derselben in Prozenten	39	54	50	72	62	47	47	29

des der Versuchszahl entsprechenden Streifens zu liegen kommt. Jene Willkür drückt sich auch dadurch aus, daß man ein Gesetz in der Form

$$x = a + by$$

oder $x = a + by + cy^2$

u. s. w. mit jeder beliebigen Annäherung darstellen kann.

Prof. Rudeloff sagte nun: „Bei der Erörterung des Zustandes der Fasern nach dem Spinnen und dessen Einfluß auf die Festigkeit der Garne ging ich davon aus, daß in dem zum Garn verarbeiteten Faserbündel die einzelnen Fasern theils neben, theils der Länge nach hintereinander gelegen waren, so daß die äußere Zugbelastung nur durch die gegenseitige Reibung von der einen zur anderen Faser übertragen werden könnte, im Wesentlichen also diese Reibung die Garnfestigkeit bedingte. Dieser Zustand bleibt für ein und dasselbe Garn bei wechselnder und zwar abnehmender Länge so lange in gleicher Weise bestehen,

als die Länge zwischen den Einspannungen hinreichend groß ist, so daß keine der versponnenen Fasern an beiden Enden von der Einspannvorrichtung erfaßt wird.[1]) Sobald aber die Versuchslänge so weit verringert wird, daß einzelne Fasern mit beiden Enden innerhalb der Einspannung zu liegen kommen, so wird die Garnfestigkeit sich nun zusammensetzen aus der Summe der Eigenfestigkeit der an beiden Enden erfaßten Fasern und der Reibung zwischen den kürzeren Fasern. Bei noch geringeren Versuchslängen aber wird allein die Eigenfestigkeit der gesammten Fasern in Frage kommen. Da nun der höchste erreichbare Werth für die Garnfestigkeit derjenige der Faserfestigkeit ist, so ergiebt sich hieraus, **daß die Festigkeit mit zunehmender Garnlänge abnehmen muß**, falls nicht der Reibungswiderstand die volle Faserfestigkeit erreicht."

Das heißt also, Prof. Rudeloff stellt sich ganz richtig vor, daß man eine Veränderlichkeit der Garnfestigkeit mit der Versuchslänge nach theoretischen Erwägungen erwarten müsse in der Weise, daß bei allen Versuchslängen größer als die Faserlänge die Festigkeit des Garnes dieselbe ist, bei kleineren Längen die Festigkeit mit der wachsenden Zahl beiderseitig eingespannter Fasern steigen muß, bis bei der Versuchslänge = 0 zuverlässig alle Fasern gefaßt sind und die höchste Belastung gleich der Summe der Eigenfestigkeiten der Fasern erreicht wird. Bei noch so kleiner endlicher Versuchslänge muß schon die Möglichkeit von Faserenden innerhalb der freien Länge angenommen werden und es muß die Festigkeit des Garnes schon zu sinken beginnen (weshalb die Ausgleichslinie auch nicht senkrecht zur Ordinatenaxe auslaufen kann, wie Prof. Rudeloff annimmt).

Bei der graphischen Ausgleichung, die, wie bereits betont, eine gewisse Freiheit oder Willkür bietet, bemerkte Prof. Rudeloff nicht, daß die Versuche seiner Erklärung entsprechend sehr wohl eine bis zur Faserlänge (von beiläufig 1 m) fallende Linie und von hier ab eine horizontale Gerade gestatten, sondern er zog wie gewöhnlich eine Kurve durch die ganze Schaar der Punkte.

Ich glaube hiermit nachgewiesen zu haben, daß Prof. Rudeloff die Ausgleichung mit einer gewissen Willkür und im Widerspruch mit seiner Erklärung vornahm.

Hält man hierzu das bei Punkt 1 Gesagte, nämlich daß die Ungleichmäßigkeit des Materials überhaupt eine genügend sichere Linienführung bei der Ausgleichung unmöglich macht, wenn so wenige Einzelversuche gleicher Art vorliegen, so erscheint das Ergebniß:

daß die Festigkeit der Garne durchweg mit zunehmender Probelänge abnimmt

in den Versuchen Prof. Rudeloffs nicht genügend begründet; mit Sicherheit sagen diese Versuche nur:

die Festigkeit der Garne sinkt von 0,5 m auf 1 m Probelänge um etwa 20 % und bleibt dann wahrscheinlich konstant.[2])

Diesen Sturz der Festigkeit bemerkte Prof. Rudeloff, da er sagte: „daß der Einfluß der Probelänge hauptsächlich innerhalb des Ueberganges der Längen von 0,5—1 m hervortritt", aber durch die folgenden Worte: „Von da ab aber mit zunehmender Länge geringer wird", stellte er sich wieder in Gegensatz zu seiner Erklärungsweise. Dieser Gegensatz wäre gar nicht hervorgetreten, wenn Prof. Rudeloff seiner Erklärung entsprechend ausgeglichen hätte. „Daß die Ausgleichung zu der gewählten Linienführung gezwungen habe", wird

[1]) Das heißt also, so lange die Versuchslänge größer als die Faserlänge ist.

[2]) Mit Ausnahme eines einzigen von 12 Garnen, bei welchem wahrscheinlich die Faserlänge eine wesentlich andere war.

niemand nach dem oben Gesagten behaupten wollen. Es ist bekannt, daß man bei wissenschaftlichen Untersuchungen sich immer zunächst etwas denken muß, wie die Sache theoretisch sich verhalten könne, daß man also eine Hypothese macht, und daß die Experimente zielbewußt darauf zugestutzt werden. Fallen die Ergebnisse in eine mögliche Uebereinstimmung mit der Hypothese, so gilt dieselbe so lange, wie keine ihr widersprechenden Beziehungen gefunden werden.

Prof. Rudeloff begann ganz richtig und legte sich einen Gedankengang zurecht; er machte, sagen wir, die Hypothese, daß die Probelänge bis zur Faserlänge abnehmen könne, ohne daß die Festigkeit sinken dürfe, daß aber dann ein Wachsthum der Festigkeit bis zur Summe der Eigenfestigkeiten der Fasern hervortreten müsse.[1]) Seine Ergebnisse stehen mit dieser Hypothese nicht im Widerspruch, und doch folgerte er aus den Versuchen etwas Anderes. Ich möchte hiermit nur die allgemeine Methode kennzeichnen.

3. Ueber die Ausnutzung des Materials in Seilen.

Ich komme nun zum dritten der von mir diskutirten Punkte und führe zunächst an, was ich hierüber in meiner ersten Abhandlung gesagt habe, damit keinerlei Mißverständnisse wegen unvollständiger Wiedergabe einzelner Theile der fraglichen Bemerkungen entstehen können. Da heißt es[2]): „Die Reißlängen bilden Vergleichszahlen der Seile bezüglich ihrer Tragfähigkeit mit Rücksicht auf die vorhandenen Gewichte. Nur scheint es mir nicht so unmittelbar verständlich, wieso von zwei frei hängenden Seilen gleichen Querschnittes, gleicher Konstruktion und gleicher Tragfähigkeit dasjenige leistungsfähiger genannt werden soll, welches länger sein muß, ehe es durch sein Gewicht abreißt, im Vergleich zu den anderen. Faßt man dagegen den Vergleich in der Weise auf, daß man gleiche Längen (z. B. 1 m) betrachtet und die Gewichte derselben bestimmt, alsdann die Tragfähigkeiten durch diese Gewichte dividirt, so erhält man Zahlen, an denen sich die Ausnutzung des Hanfmaterials zur Tragfähigkeit widerspiegelt. Man erfährt, wieviel 1 kg Hanf bei verschieden schweren Seilen zur Tragfähigkeit beiträgt: die Ausnutzung des Materials zu einer mehr oder weniger großen Tragfähigkeit.

Vergleicht man Stücke von 1 m Länge, so sind diese Vergleichszahlen identisch mit den Reißlängen, in jedem anderen Falle denselben proportional, können also ebenso zur Vergleichung dienen.

Die Festigkeit der Trossen[3]) ist durchschnittlich unter übrigens gleichen Umständen bedeutend größer als die der Kabel. (Dies wird durch Versuchsziffern begründet.)

Aehnlich wie die Tragfähigkeiten[4]) verhalten sich bei verschiedenen Taufortan auch die Reißlängen. (Dies wird ebenfalls durch Versuchsziffern begründet.) Die Ausnutzung des Hanfmaterials in den Trossen ist — im Verhältniß zu der in den Kabeln — wie 8451 : 5437 besser".

Darnach erschien Prof. Rudeloffs Arbeit,[5]) welche Folgendes enthielt:

---

[1]) Diese Auffassung habe ich ebenso in meinem Aufsatz: „Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums" 1897, S. 155 vertreten.

[2]) Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums 1893, S. 91.

[3]) Ebenda, S. 176.

[4]) Ebenda, S. 187.

[5]) Mittheilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1893, S. 169.

„Die aus allen vier Paaren abgeleiteten Mittelwerthe ergeben für die Kabelschlagseile einen Ueberschuß an Reißlänge von 11 % und an Fadenfestigkeit im Seil von 14 % den Rundschlagseilen gegenüber. In dem einen Paar überwiegt allerdings die Reißlänge und in dem anderen die Fadenfestigkeit der Rundschlagseile, doch wird man diese beiden Ausnahmen den übrigen sechs Werthen gegenüber vernachlässigen und demgemäß den Schluß ziehen können, daß die Ausnutzung des Materials beim Kabelschlag eine bessere ist als beim Rundschlag. Auch beim Vergleich der Verhältnißzahlen für die berechnete zur ursprünglichen Fadenfestigkeit tritt dieses Gesetz deutlich zu Tage. Bei den Rundschlagseilen beträgt dieses Verhältniß im Mittel 71 %, bei den Kabelschlagseilen dagegen 88 %, also 17 % mehr."

Es steht sonach fest, daß Prof. Rudeloff, genau wie ich, die Ausnutzung des Materials an den Reißlängen beurtheilte, nur fand er die bessere bei den Kabeln, ich bei den Rundschlagseilen.

In meiner zweiten Arbeit (1893) findet sich, pag. 294, Folgendes: „Was die Ausnutzung des Hanfmaterials anbelangt, so habe ich in meiner früheren Arbeit auf die Bedeutung der Reißlänge hingewiesen und gezeigt, daß diese Zahl den besten Maßstab für die Verwerthung des Hanfmaterials im Seil bietet. Versucht man, was naheliegend ist, die Verwerthung des Materials (bezüglich seiner Tragfähigkeit) im Seil zu beurtheilen, indem man entweder die Reißlängen der Garne mit denen der Seile oder die Festigkeitssumme der Garne in einem Seil mit der Tragfähigkeit des ganzen Seiles vergleicht, so halte ich das nicht für ausreichend, denn man erkennt aus diesen beiden Vergleichszahlen nur die Verwerthung der verwendeten Garne, aber nicht die Verwerthung des verwendeten Hanfes . . ., jene Vergleichszahlen für die Reißlängen und Festigkeiten der Garne und Seile geben uns nur den Einfluß des Verseilens. Durch die Schwankungen bei den Garnproben werden diese Zahlen sehr unsicher.

Das Ergebniß der Berliner Versuche: die Ausnützung des Materials beim Kabelschlag ist eine bessere als beim Rundschlag, steht in direktem Widerspruch mit den Ergebnissen sowohl unserer früheren als auch der in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Versuche. . . . Aus den Zahlen (der Berliner Versuche) würde man sogar auf einen günstigen Einfluß der Theerung schließen können."

Hieraus geht hervor, daß ich insbesondere nicht damit einverstanden war, daß Professor Rudeloff neben der Reißlänge auch aus der Fadenfestigkeit im Seil und aus dem Verhältniß der berechneten zur ursprünglichen Fadenfestigkeit die Ausnützung des Materiales im Seile beurtheilen will. Diese geben nur sehr unsicher die Güte der Verseilungsarbeit.

In seiner Abhandlung (1894, S. 1) schweigt sich Prof. Rudeloff über diesen Punkt vollständig aus und fühlte sich nur in der durch die Veröffentlichung der „Seilnormen für Oesterreich" seinerseits für nothwendig gehaltenen Abhandlung (1895, S. 132) zu der Bemerkung veranlaßt:

„Man habe zu unterscheiden, ob die im Seile ermittelte Bruchfestigkeit dazu dienen soll, nach ihr entweder 1. die Güte des zum Seil verarbeiteten Materiales, oder 2. die Festigkeit des Seiles an sich zu beurtheilen.

1. Die Güte des Materiales oder des Hanfes . . ., soweit sie überhaupt durch den Zerreißversuch oder im Besonderen durch die Bestimmung der Zugfestigkeit des Seiles ermittelt

werden kann ..., dürfte im Wesentlichen abhängen von der Festigkeit der Faser und von deren Länge und Oberflächenbeschaffenheit.

2. Der Zerreißfestigkeit des Seiles an sich kann eine Bedeutung für die Beurtheilung der Güte des Seiles doch wohl nur dann beigemessen werden, wenn sie ermöglicht, das Verhältniß zwischen Betriebs- und Bruchlast zu ermitteln. Hierzu muß aber die Bruchlast unter solchen Verhältnissen festgestellt werden, welche den Betriebsverhältnissen entsprechen.

Die Bestimmung der Güteeigenschaft des Hanfes durch Zerreißversuche mit Seilen scheint mir an sich verfehlt."

Nachdem diese Bemerkungen in einer Entgegnung an mich enthalten sind, so hat es den Anschein, als hätte ich die Güteeigenschaft des Hanfes am Seilzerreißversuch bestimmen wollen. Weder aus meinen oben wiedergegebenen noch aus den nachstehenden Aeußerungen gelegentlich der Wiedergabe der Verhandlungen über die Seilnormen kann derartiges entnommen werden. Auch ist es wohl noch Niemandem beigefallen, den Seilzerreißversuch für die Hanfqualitätsbestimmung benutzen zu wollen. In unseren Seilnormen heißt es ausdrücklich:

„Soweit die Garnzerreißprobe über die Hanfqualität noch nicht hinreichend Aufschluß gab, hat man sich von der Qualität noch durch das Aussehen, die Weichheit und den Geruch, sowie durch Aufdrehen einiger Garne auf größere Länge (wegen der Faserlänge) zu überzeugen." Und in den Vorbesprechungen:

„Dazu kam, daß die Fadenprobe vorzugsweise dazu bestimmt ist, sich Gewißheit zu verschaffen, daß guter Hanf zum Seile verwendet wurde, so schlug ich vor, nur kurze Versuchslängen von ca. 40 cm zuzulassen, und nachdem die mit auffallend geringer Festigkeit reißenden Fäden wohl nicht wegen einer an der Bruchstelle zufällig vorhandenen Schwäche des Hanfes,[1]) sondern wegen anderer .... Umstände zum Bruch kamen, die mit der Hanfqualität nichts zu thun haben, seien diese niedrigsten Werthe vom Fadenfestigkeitsmittel auszuschließen."[2])

Man erkennt, daß es mir nicht beigefallen ist, die Güteeigenschaft des Hanfes durch Zerreißversuche mit Seilen bestimmen zu wollen, das hat überhaupt meines Wissens noch niemand gewollt, also war diese Bemerkung Prof. Rudeloffs an dieser Stelle mindestens sehr überflüssig.

Um keinen Irrthum darüber aufkommen zu lassen, was man unter der Ausnützung oder Verwerthung des Materiales verstehen sollte, und zur näheren Beleuchtung des merkwürdigen Widerspruches meiner Versuchsergebnisse mit denen Prof. Rudeloffs wies ich (1897, S. 155) darauf hin, daß man unterscheiden müsse

1. die Leistungsfähigkeit des Seiles;
2. seine Güte bezüglich der Verwerthung des Hanfes (welche im Garn begründet ist);
3. seine Güte bezüglich der Verseilungsarbeit;

Es sei nicht unmittelbar verständlich, wieso von zwei freihängenden Seilen u. s. w. — folgt der Satz wie auf S. 13. — Für die Praxis ist die Tragkraft (oder der Arbeitsmodul) das richtige Maß für die Leistungsfähigkeit. Die Güte des Seiles bezüglich der Verwerthung des Hanfes .... kann am besten durch die Reißlänge gemessen werden. Durch die Verarbeitung der Garne zum ganzen Seil, d. h. durch die Verseilung verlieren die Garne von ihrer Festigkeit um so mehr, je schlechter die Verseilung ausgeführt ist. Demnach

[1]) Schlechte Stellen treffen ja nicht für alle Fasern an der gleichen Garnstelle zusammen.

[2]) Diese Ausschließung ist aber wohlgemerkt entgegen der sonstigen Gepflogenheit bei wissenschaftlichen Versuchen hier nur statthaft, weil es sich um die Hanfqualität handelt, und würde nicht statthaft sein, wenn man Garnproben zu anderen Zwecken ausführt.

ist das Verhältniß der mittleren Garnfestigkeit im Seil (Seilfestigkeit, getheilt durch die Zahl der Garne) zur ursprünglichen Garnfestigkeit ein Maß für die Güte der Verseilung."

Nach alledem konnte ich also nicht zugeben, daß die Ausnützung des Materiales wegen der mittleren Fadenfestigkeit oder wegen dem Verhältniß der mittleren Fadenfestigkeit zur ursprünglichen Fadenfestigkeit in Kabeln besser als in Trossen sei, sondern mußte mich auf den Ueberschuß an Reißlänge allein stützen. Dieser Ueberschuß war bei Prof. Rudeloffs Versuchen für die Kabel vorhanden und sagte ich hierzu (1897, S. 156):

„Ich finde, wenn mir auch ferne liegt, an diesen Ziffern zu zweifeln, dieses Ergebniß mindestens sehr merkwürdig. Der Kabelschlag besteht doch im Grunde genommen darin, daß drei oder vier Rundschlagseile zusammengewunden werden. Ist also in der Litze eine bestimmte Güte der Verseilung vorhanden, so ist nicht einzusehen, warum beim Zusammenwinden dieser Litzen eine Verbesserung eintreten soll. Die Beanspruchung eines Garnes in der noch geraden Litze (also in einem Rundschlagseil) müßte größer sein, als nach der Zusammenwindung der Litze im Kabel, sonst könnte eine Verbesserung der Ausnützung im Kabel nicht eintreten. Zu dem Umstand, daß ich zu entgegengesetzten Ergebnissen kam, gesellt sich also auch noch die Unwahrscheinlichkeit, daß Kabelschlag vortheilhafter als Rundschlag sein soll. Die Vorschriften der deutschen Marine liegen mir nicht vor, aber in anderen Vorschriften wird diesem Umstand, Kabelschlag sei unvortheilhafter als Rundschlag, durch entsprechend geringere Ziffern Rechnung getragen. Es muß dies also eine alte Erfahrung sein."

Ich schloß also wohl mit Recht, daß Prof. Rudeloff „durch seinen Vergleich zwischen Kabel- und Rundschlag nicht bloß das Entgegengesetzte wie ich fand, sondern daß auch dieses Ergebniß auffällig und nicht recht verständlich ist."

Auf diese klare Darlegung der Verhältnisse antwortet Prof. Rudeloff in den Mittheilungen der Königl. technischen Versuchsanstalt zu Berlin (1897, S. 257) und in den Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums (1897, S. 206).

„Zunächst muß ich feststellen, daß ich den Satz: es sei nicht unmittelbar verständlich, wieso von zwei freihängenden Seilen u. s. w. — wie oben angegeben — in den damaligen Bemerkungen des Prof. Kirsch, die er mir jetzt erneut entgegenhält, nicht zu finden vermag (in den Wiener Mittheilungen heißt es statt dessen: nicht vorkommt, wie es den Anschein erweckt)."

Hätte Prof. Rudeloff aufmerksam gelesen, so hätte er gefunden, daß ich 1. gar nicht behauptet habe, dieser Satz stände in den „damaligen Bemerkungen", sondern nur sagte: ich unterschied jene 3 Punkte . . . und sagte deshalb, es sei nicht unmittelbar verständlich . . . u. s. w., und daß ich 2. in den „damaligen Bemerkungen", welche oben S. 214 wörtlich wiedergegeben sind, ausdrücklich auf diesen Satz meiner zweiten Abhandlung durch die Worte aufmerksam machte: was die Ausnützung des Hanfmateriales anbelangt, so habe ich in meiner früheren Arbeit auf die Bedeutung der Reißlänge hingewiesen u. s. w.

Der Satz kommt also vor und wird von mir nicht der Anschein erweckt, als hätte ich etwas gesagt, was nie ausgesprochen wurde.

Alles, was Prof. Rudeloff „sachlich" über dieses wichtige Ergebniß anführt, beschränkt sich auf die Worte: „Ich würde auch heute nicht hierauf eingehen, wenn ich es nicht für meine Pflicht hielte, durch Besprechung dieses Punktes eine weitere Charakteristik der Art des Vorgehens von Prof. Kirsch zu geben — (hier folgt der Satz, welchen Prof. Rudeloff nicht zu finden vermochte) — seinem Inhalte nach und nach dem Zusammenhang, in welchem

dieser Satz gegeben ist, muß jeder Leser, so lange er nicht meine erst später von Prof. Kirsch wörtlich wiedergegebene Schlußfolgerung gelesen hat, annehmen, ich hätte Kabelseile für leistungsfähiger erachtet, weil sie größere Reißlänge zeigten als Rundschlagseile. Dies trifft ebenfalls nicht zu. Ich habe aus meinen einschlägigen Versuchen nur abgeleitet, daß die Ausnützung des Materiales beim Kabelschlag eine bessere ist als beim Rundschlag."

Ob meine wörtlich wiedergegebenen Aeußerungen den Leser zu dieser Annahme verleiten konnten, darf ich getrost unparteiischen Fachgenossen zur Beurtheilung überlassen. Ich glaube im Gegentheil oft genug darauf hingewiesen zu haben, daß Prof. Rudeloff die Ausnützung des Materiales an der Reißlänge beurtheilte (allerdings auch an zwei anderen Umständen, ein Vorgehen, welches ich anfocht).

Ueber die Form Prof. Rudeloffs in der Diskussion will ich kein Wort verlieren, der Leser hat jetzt ein deutliches Bild von der Art, wie man meinen sachlichen Erörterungen gegenüber sich verhielt.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes, ob die Ausnützung in Kabeln oder Trossen eine bessere ist, kann ein solcher Widerspruch zwischen den Ergebnissen zweier Versuchsanstalten nicht mit Stillschweigen übergangen werden; daß Prof. Rudeloffs Schlußergebniß aufrecht zu erhalten sei, ist wenig Aussicht vorhanden, und zwar mit Rücksicht auf die von mir genannten Beziehungen. Warten wir weitere Versuche ab.

4. Welchen Werth haben die bisherigen Versuche über den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen?

In meiner ersten Abhandlung[1]) sagte ich:

„In keinem Seil wird die Dehnungs- und Widerstandsfähigkeit der Litzen untereinander völlig gleich sein, es wird deshalb immer eine der Litzen etwas früher, wenn auch nur um Weniges, zum Bruch kommen. Es kann also im Bruchmoment einer Litze durch die augenblickliche Entlastung der übrigen unzerrissenen Litzen vermöge der Abdrückung der zerrissenen Litzenenden keine weitere Litze reißen, da die verbliebenen Litzen mehr Raum haben und durch Vergrößerung ihres Dralles die Spannung verlieren. Dies ist der Grund, warum kurze Versuchslängen äußerst selten dazu führen, daß das ganze Seil durchreißt. Bei sehr langen Versuchsstücken liegt der Fall anders. Hier müßte die Längenänderung des Seiles beim Reißen einer Litze ziemlich bedeutend sein, wenn die nicht gerissenen Litzen plötzlich genügend entlastet werden sollen; aber die gerissene Litze zieht sich nicht sofort auf der ganzen Versuchslänge aus ihrer ursprünglichen Lage; das Seil behält also eine bedeutende Spannung, die zwar durch einiges Nachgeben des Seiles geringer als die beobachtete größte Spannung ist, die aber immer noch größer als die Tragfähigkeit der verbliebenen Litzen ist, hierdurch wird es möglich, daß beim Bruch einer Litze sofort die übrigen folgen und das Seil ganz durchreißt.

Ich erwähne dies nur deshalb, weil man Einwendungen gegen die Verwendung kurzer Versuchslängen gemacht hat[2]) und um diese Einwendungen zu entkräften. Aus meinen Aus-

[1]) 1893, S. 88.

[2]) Die Seilfabrikanten haben stets Sorge, daß ihre zur Prüfung kommenden Seile eine genügend große Tragfähigkeit aufweisen und glaubten mit der Erscheinung, daß gewöhnlich nur eine Litze bei kurzer Länge riß, auf ungleiche Vertheilung der Belastung auf die drei (oder mehr) Litzen schließen zu können, so daß eine zu kleine Tragfähigkeit bei kurzer Länge sich ergebe. Daß das Gegentheil möglich wäre, daran dachte Niemand.

einandersetzungen ergiebt sich nämlich, daß die größte beobachtete Belastung beim Bruch ganz dieselbe sein muß, gleichviel, ob man große oder kleine Versuchslängen anwendet."

Aus dem ganzen Satz kann man erkennen, daß es mir damals darum zu thun war, die Befürchtung zu zerstreuen, daß die von mir und anderen (wie z. B. der kaiserlichen Marine) angewendete kurze Versuchslänge zu kleine Bruchlasten ergeben könne und ich drückte dies in der obigen, zwar nicht allgemein, aber für den damaligen Zweck genügenden Form aus, bei welcher der Fall einer sogar möglichen Vergrößerung der Bruchlast nicht berücksichtigt zu werden brauchte. Bei meinen Versuchen kam ich nun durch die Beobachtung der Vorgänge beim Bruche zu der Auffassung, daß die Versuchslänge überhaupt keinen Einfluß auf die Bruchlast haben könne und sagte (1893, S. 291):

„Die Seile reißen in der Regel im Innern zuerst, d. h. die Fäden zerreiben oder zerdrücken sich an der Stelle, wo die Pressungen und gegenseitigen Bewegungen am größten sind. Läge der Fall so, daß die Hanffasern, die bei kurzen Seillängen an beiden Enden eingespannt gedacht werden können, in einem oder mehreren Garnen zerreißen und hierdurch der Seilbruch herbeigeführt würde, so müßte man allerdings größere Versuchslängen anwenden. Die Seile zerreißen aber durch Zerdrückung der Garne und dieser Druck ist unabhängig von der angewendeten Versuchslänge oder der Faserlänge im Garn."

Und später (1897, S. 157) erklärte ich dies noch weiter mit den Worten:

„Ich beobachtete in allen Fällen, wo es mir zufällig gelang, den ganzen Bruch in seinem Vorgang verfolgen zu können, hauptsächlich wenn er sich langsam einleitete, daß die Garne im Innern (des Seiles) zuerst rissen und die Fadenenden heraustraten, und wenn der Bruch plötzlich eintrat, so waren die Garne alle in einem Querschnitt durchgerissen und waren nicht durch Nebeneinanderabgleiten der Fasern zerrissen (was doch eintreten müßte, wenn die Zerstörung durch Ueberwindung der Faserreibung eingeleitet würde), und zwar auch bei Seilen von 1,5 m Versuchslänge, die sicher größer als die Faserlänge war."

Da andere Beobachtungen nicht vorlagen wie diese, so war auch zu einer anderen Auffassung keine Veranlassung vorhanden; aber daß ich an dieser Auffassung festhalten würde, auch wenn umfangreiche Versuche zur Klarlegung dieser Verhältnisse zeigen sollten, daß beachtenswerthe Einflüsse der Versuchslänge wirklich auftreten, war selbstverständlich mit meinen Worten nicht ausgesprochen, wie jeder aufmerksame Leser finden wird.

Der Schluß Prof. Rudeloffs, 1894, S. 1: Diese Betrachtungen (von mir 1893, S. 291) erschienen dazu angethan, „die Frage des Einflusses der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen zu verdunkeln und den Gegenstand ohne Begründung durch einschlägige Versuche mit Schlußfolgerungen aus einigen beim Zerreißen von Seilen auftretenden Erscheinungen in apodiktischer Kürze als belanglos zu bezeichnen", waren demnach durchaus nicht gerechtfertigt. Wenn meine Beobachtungen auch noch unvollständig waren, so bildeten sie doch damals den einzigen Anhalt und konnten das Recht für sich in Anspruch nehmen, daß sie für ein vorläufiges Urtheil zur Grundlage dienten, auch in dem Falle, daß Prof. Rudeloff, wie thatsächlich, bei seinen Versuchen nichts dergleichen bemerkt und beobachtet hatte. Prof. Rudeloff bemerkte nämlich das erste Reißen im Innern nur an der Seele[1]), nicht aber an den Litzen, es war ihm „wenigstens als regelmäßige Erscheinung bisher nicht vorgekommen und auch nicht recht einleuchtend". So hoch ich die Fähigkeit Prof. Rudeloffs als Beobachter schätze, so kann ich doch nicht zugeben (und hier stehe ich bestimmt nicht allein),

[1]) Es ist selbstverständlich, daß Seile mit Seele zuerst in der letzteren zerreißen.

daß eine Beobachtung nur dann anerkannt wird, wenn sie auch von ihm gemacht wurde oder ihm „einleuchtete".

Zum Beweis, daß der Druck das Seil nicht zerstören könne, werden die Kortümschen Seilschlösser angeführt (welche man in Berlin zur Seileinspannung verwendet) und behauptet, es müßten sonst alle Seile, mit diesen Schlössern eingespannt, zwischen den Keilen zerreißen. Hier vergißt aber Prof. Rudeloff, daß es möglich ist, die Oberflächenreibung zwischen Keilen und Seil schon durch einen geringeren Druck zu erzeugen als der im Seil entstehende. Der Keil muß eben lang genug sein, sonst tritt das Reißen in der Einspannung wirklich ein, was Prof. Rudeloff bei 12% aller seiner Versuche erfuhr; je länger der Keil, desto geringer ist der nothwendige Druck zur Erzeugung der Reibung und des Haltes, aber der Druck im Seil ist zwischen den Keilen nicht derselbe wie in der freien Länge; er nimmt ab bis auf Null. Eine gute Keileinspannung muß z. B. für Seile so konstruirt sein, daß an jeder Stelle des eingespannten Seilendes entsprechend der bis dahin bereits erfolgten Entlastung des Seiles und der hiermit verbundenen Verminderung des inneren Seildruckes dieser letztere mit dem Keildruck zusammengenommen kleiner bleibt, als der Seildruck in der freien Länge.

Nun führte Prof. Rudeloff allerdings Versuche mit zwei Seilen in verschiedenen Versuchslängen aus, fand aber selbst aus seinen Versuchen:

„Daß der Einfluß der Versuchslänge auf die Ergebnisse der Seilprüfungen durch die mitgetheilten Ergebnisse aus den Versuchen mit nur zwei Seilsorten durchaus nicht ein- für allemal gesetzmäßig dargethan ist" und fährt dann fort, „vielmehr bin ich überzeugt, daß dieser Einfluß je nach dem Material, der Konstruktion und Fertigungsweise des Seiles, sowie dessen Litzen und Garnen anders ausfallen wird und daher ein eingehendes Studium dieser Frage nothwendig ist, bevor Bestimmungen über die sachgemäßeste Probenlänge bei Seilen vorgeschlagen oder gar zur allgemeinen Annahme empfohlen werden können."

Ich erlaube mir auch darauf aufmerksam zu machen, daß Prof. Rudeloff mit den Worten: „Bestimmungen über die sachgemäßeste Probenlänge" den Anschein erwecken will als hätte ich die Länge von 0,5 m für die sachgemäßeste ausgeben wollen. Dies ist mir gar nicht eingefallen. Ich habe nur einen positiven Vorschlag gemacht, wo Prof. Rudeloff es jedem überläßt, mit welcher „größeren" Länge er arbeiten will; mit dem Vorschlag „lieber übermäßig große als zu kleine Versuchslängen zu benützen", ist garnichts gesagt; niemand weiß nach Prof. Rudeloffs „Vorschlag", wie weit er zu gehen hätte. Er weiß es selbst nicht, denn eine Länge zu wählen, die außerhalb der Grenze jenes Einflusses liegt, ist erst möglich, wenn man diese Grenze bestimmt hat; dies geschah bis jetzt nicht. Auch meine Versuche genügen für diesen Fall nicht. Die Frage ist noch gänzlich ungeklärt und es ist möglich, daß einerseits viele Seile je nach Härte oder Drall oder Garnqualität bei 0,5 m keinen Einfluß haben, und andererseits, daß viele Seile bei der größtmöglichen Länge von sagen wir 2 m noch bedeutenden Einfluß aufweisen. Seile sind nun einmal ein sehr ungleichmäßiges Material und es findet auf sie derselbe Gedankengang Anwendung, den ich eingangs auf die Garne anwendete. Ich konnte das Gleiche für Seile noch nicht entwickeln, da das Beobachtungsmaterial hierzu bis jetzt nicht ausreichte, so viel steht aber schon heute fest und ergab sich aus meinen Versuchen, daß bei den großen Schwankungen der Seilfestigkeit, die bis jetzt durch Prof. Rudeloff mit zwei Seilen und von mir mit fünf Seilen festgestellten Einflüsse nicht groß genug sind, um ihnen eine solche Wichtigkeit, wie Prof. Rudeloff es thut, beizumessen. Auf die Diskussion dieser hier wohl auch maßgebenden Größe der gefundenen Einflüsse im Vergleich zur Ungleichmäßigkeit des Seilmateriales ging Prof. Rudeloff

gar nicht ein und ich muß deshalb die Bemerkung Prof. Rudeloffs, „es würde über den Rahmen dieser Erwiderung hinausführen, wenn ich auf dieses Ergebniß näher eingehen und darthun wollte, daß aus dem beobachteten mittleren Unterschied von 8 % in den Seilfestigkeiten durchaus nicht geschlossen werden kann, daß 0,5 m Versuchslänge thatsächlich hinreichten, weil der beobachtete Unterschied geringer sei, als die Schwankungen der Einzelwerthe bei gleicher Versuchslänge", dahin deuten, daß er dieser sachlichen Widerlegung aus dem Wege gehen wollte.

Bei der noch vorhandenen Unklarheit, ob wirklich und wann ein Einfluß der Versuchslänge vorhanden ist, ferner wie groß derselbe unter bestimmten Umständen des Seiles ist, halte ich es vorläufig und nach wie vor für korrekt, wenn man an Stelle der Willkür einer beliebigen (größeren) Länge eine feste Länge, z. B. 0,5 m, einhält, weil noch „eingehende Studien" über eine bessere Wahl nothwendig sind.

Ich erläuterte dies durch den Vergleich mit unserem Vorgehen bei anderen Materialien und wies darauf hin, daß man bei Stahl und Eisen früher ebenso vorging und eine konstante Meßlänge anwendete, so lange man die Einflüsse der verschiedenen Querschnitte auf die Dehnungen derselben Meßlänge nicht kannte. Man nahm daran keinen Anstoß, obwohl noch immer allerlei unbekannte Einflüsse auf die Dehnung möglich waren, weil man durch konstante Meßlänge wenigstens in einer Beziehung der Willkür den Boden entziehen wollte. Hierauf hielt Prof. Rudeloff folgende Belehrung für nothwendig: „Prof. Kirsch übersieht hier, daß man die Vorschriften für die zu erreichende Dehnung der gerade gewählten Meßlänge entsprechend der Dehnung des für brauchbar befundenen Materiales anpaßte." Prof. Rudeloff weiß recht wohl, daß von der Stabform (also auch von der Meßlänge) unbeeinflußte Dehnungsziffern nur bei ähnlichen Stabformen entstehen, daß man dieselben bei konstanter Meßlänge also nur unter Anwendung konstanten Querschnittes gleicher Form bekommen würde, daß aber schließlich nicht für alle Materialien gleichgeformte Querschnitte anwendbar sind und auch nicht angewendet wurden. Schon die verschiedenen Dicken der Bleche zwingen, wenn man nicht die Walzhaut herunterarbeiten will, zu Unterschieden im Querschnitt. Es war direkt unmöglich, „daß man die Vorschriften für die zu erreichende Dehnung .... der Dehnung des für brauchbar befundenen Materiales anpaßte", weil man für jeden Querschnitt bei konstanter Meßlänge eine andere Dehnungsziffer hätte vorschreiben müssen. Dies „übersah" Prof. Rudeloff, indem er sagte, daß „diese konstante Meßlänge dem Zwecke der Prüfungen bei Materialabnahmen recht wohl entsprechen konnte".

Wenn man an dieser konstanten Meßlänge früher keinen Anstoß nahm, so meine ich, brauchte man auch zunächst an der Versuchslänge von 0,5 m keinen Anstoß zu nehmen. Man wird nach eingehender Feststellung jener Einflüsse der Versuchslänge alle jene Versuche, die mit derselben Versuchslänge, z. B. 0,5 m, ausgeführt wurden, einigermaßen vergleichen können, gewiß eher, als wenn keine Einheitlichkeit geherrscht hätte. Läßt man die Länge, auch wenn sie größer ist, willkürlich, so wird später der Vergleich außerordentlich erschwert.

Ich glaubte, wenigstens in dem mir unmittelbar zugänglichen Bereich der Seilprüfungen, in Oesterreich vorläufig auch in der Beziehung der Versuchslänge eine Einheitlichkeit durch Aufnahme dieses Paragraphen in die „Normen für Oesterreich" anbahnen zu sollen.[1])

[1]) Für Oesterreich war wegen des Umstandes, daß die kaiserliche Marine, als die wichtigste Konsumentin an Seilen, ihre Prüfungen seit Dezennien an Längen von 60 bis 70 cm ausführte, zum Zwecke des Vergleiches

Was Prof. Rudeloff bezüglich meiner angeblichen Absicht behauptet, unsere österreichischen Seilnormen auch in anderen Staaten empfehlen zu wollen, so verzichte ich auf ein nochmaliges Eingehen in diese wenig taktvolle Zumuthung.

Wer unsere bisherigen Aeußerungen unbefangen verfolgt hat, wird gesehen haben, daß auf meine Einwendungen zu Prof. Rudeloffs Arbeit: „Untersuchungen über den Einfluß des Materiales und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen" eine sachliche Widerlegung nicht stattgefunden hat. Der schöne Schluß Prof. Rudeloffs in seiner letzten Erwiderung, in welcher er mir zuruft: Qui s'excuse s'accuse, ist bei einer sachlichen Polemik sinnlos, denn in einer Diskussion über eine wissenschaftliche Frage ist die Darlegung des Standpunktes, den man einnimmt, kein »excuser«, und zwar auf keiner der beiden Seiten.

Weitere Auseinandersetzungen in der Frage der Versuchslänge halte ich für gänzlich zwecklos und werde ich auf diesen Gegenstand auch in gar keiner Weise mehr eingehen, so lange nicht neues und genügendes Beobachtungsmaterial, insbesondere die in Aussicht gestellten „eingehenden Studien" beigebracht werden.

Was die eingangs behandelten drei Gegenstände betrifft, so sind die Unterlagen heute schon ausreichend, um die Haltlosigkeit besonders des von Prof. Rudeloff abgeleiteten Satzes von der besseren Ausnützung des Materiales in Kabeln gegenüber Rundschlag nachzuweisen.

Entgegnung.

Von Professor M. Rudeloff, stellvertret. Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung.

In seinen vorstehenden Ausführungen, mit denen Prof. Kirsch „beleuchten" will, was meine letzten Erwiderungen[1]) in unserem Meinungsaustausch „zu Tage gefördert" haben, hält er unter Abschnitt 1 und 2 mir nach wie vor entgegen, daß

1. die Zahl meiner Versuche mit Garnen zu gering ist, um für die Begründung meiner Schlußfolgerungen beweiskräftig zu sein, und
2. daß ich die Ausgleichung mit einer gewissen Willkür und im Widerspruch mit meiner Erklärung vornahm.

Um seine erste Einwendung zu begründen, stellt Prof. Kirsch die Behauptung auf, daß man als „vorsichtiger Experimentator" erst mit demselben Garn eine große Zahl von Versuchen mit einer beliebigen, aber derselben Versuchslänge hätte anstellen müssen, um die Grenzwerthe kennen zu lernen bezw. berechnen zu können, bei denen die Garnfestigkeiten bei dieser Länge und einer gegebenen geringeren Zahl von Versuchen schwanken. Alle Ergebnisse, welche dann bei gleicher Versuchszahl, aber bei Anwendung anderer Versuchslängen zwischen die vorher ermittelten Grenzwerthe fielen, seien nicht beweiskräftig für den Einfluß der Länge auf das Ergebniß.

---

mit den früheren Untersuchungen die kleinere Länge von 0,5 m neben anderen weniger zwingenden Gründen empfehlenswerth.

Wenn man es für zweckmäßig halten sollte, international zu einer größeren Länge überzugehen, so würde man in Oesterreich auf die Vergleichbarkeit mit allen früheren Versuchen verzichten müssen, falls ausreichend sichere Beziehungen zwischen der Festigkeit der verschiedenen Versuchslängen bei verschiedenen Seilsorten nicht gefunden werden sollten.

[1]) Mittheilungen aus den Kgl. technischen Versuchsanstalten 1897, S. 250—264 und Mittheilungen des K. K. technologischen Gewerbemuseums Wien 1897, S. 197—215.

Die Richtigkeit seiner Behauptung stützt Prof. Kirsch auf die Annahme: „Diese beiden Grenzen" (d. h. diejenigen, welche bei einer größeren Versuchszahl mit beliebiger Versuchslänge gefunden sind) „gelten für jede Versuchslänge, weil man im Voraus noch nicht weiß, ob ein Einfluß derselben vorhanden ist".

Wie Prof. Kirsch zugiebt, besteht der Einfluß der Versuchslänge auf die Garnfestigkeit darin, daß letztere bei hinreichend langen Proben hauptsächlich von der Reibung zwischen den einzelnen Fasern abhängt, bei abnehmender Länge aber immer mehr und mehr davon, wieviel Fasern mit beiden Enden in die Einspannungen hineinfallen.

Die Umstände und Einflüsse, welche die Garnfestigkeit bedingen, sind also, wie auch Prof. Kirsch nicht bestreitet, für alle Versuchslängen innerhalb der beiden Grenzen:

a) alle Fasern werden an beiden Enden von den Einspannungen erfaßt und

b) keine Faser liegt mit beiden Enden in den Einspannungen,

sicherlich verschieden.

Prof. Kirsch giebt jetzt (S. 209) ferner zu, „daß vielleicht zwischen 1 m und 3 m Versuchslänge auf Abnehmen der Festigkeit wirkende, noch unbekannte Einflüsse im Spiel sein können".

Wenn nun aber für die verschiedenen Versuchslängen, die im vorliegenden Falle in Frage kommen, die Einflüsse, von denen die Garnfestigkeit abhängt, andere sind, so muß ohne Weiteres zugegeben werden, daß auch die äußeren Grenzwerthe, zwischen denen die Festigkeiten bei derselben Länge schwanken, verschieden sein können. Es ist somit nicht zulässig, ohne den Beweis der Richtigkeit erbracht zu haben, anzunehmen, daß die Grenzwerthe der Festigkeiten, welche für irgend eine beliebige Versuchslänge durch Versuche festgestellt sind, nun auch für jede andere Versuchslänge gelten. Hiermit ist also den „beleuchtenden" Auseinandersetzungen des Prof. Kirsch über die nothwendige Zahl von Versuchen die Grundlage entzogen und somit fällt auch seine Beweisführung gegen die mangelhafte Beweiskräftigkeit meiner Versuchsergebnisse.

Meines Erachtens sollte man nicht auf unbewiesene Annahmen bauen, sondern, wie Prof. Kirsch in seiner vorigen Erwiderung ja auch selbst hervorgehoben hat, mit jeder Versuchslänge gleich viel und hinreichende Einzelversuche anstellen.

Daß aber die Zahl meiner Versuche thatsächlich hinreicht, um die Schlüsse, die ich aus ihren Ergebnissen ableitete, zu beweisen, habe ich in meiner letzten Erwiderung [1]) bereits begründet. Widerlegt sind meine Begründungen durch Prof. Kirsch bisher nicht.

Die Aufrechterhaltung und die jetzige Begründung des zweiten Vorwurfes, ich habe die Ausgleichung meiner Versuchsergebnisse im Widerspruch mit meiner eigenen Erklärung vorgenommen, beweisen, daß Prof. Kirsch diese meine Erklärung nicht verstanden hat.

Seine Einwendungen beziehen sich hauptsächlich darauf, daß ich die Ausgleichung derart vornahm, daß der Einfluß der Versuchslänge nicht schon bei 1 m sein Ende erreicht, sondern in geringem Maße bis zu 3 m Länge anhält. Diese Ausgleichung soll im Widerspruch mit folgender Erklärung stehen, welche ich für die Entstehung des Längeneinflusses anführte: „Bei der soeben stattgehabten Erörterung des Zustandes der Fasern nach dem Spinnen und dessen Einfluß auf die Festigkeit der Garne ging ich davon aus, daß in dem zum Garn verarbeiteten Faserbündel die einzelnen Fasern theils neben,

[1]) „Mittheilungen" 1897, S. 254 und 255.

theils der Länge nach hintereinander gelegen waren, sodaß die äußere Zugbelastung nur durch die gegenseitige Reibung von der einen zur andern Faser übertragen werden konnte, im Wesentlichen also diese Reibung die Garnfestigkeit bedingte. Dieser Zustand bleibt für ein und dasselbe Garn bei wechselnder und zwar abnehmender Länge solange in gleicher Weise bestehen, als die Länge zwischen den Einspannungen hinreichend groß ist, so daß keine der versponnenen Fasern an beiden Enden von der Einspannung erfaßt wird" [1]).

Die Worte „in gleicher Weise" hebt Prof. Kirsch beim Abdruck der vorstehenden Erklärung durch den Satz besonders hervor. Er giebt den Grund hierfür nicht ausdrücklich an, aber aus seinen „Beleuchtungen" geht hervor, daß es geschah, weil nach Prof. Kirschs Dafürhalten in ihnen der Widerspruch zwischen meiner „Erklärung" und „Ausgleichung" liegt. Prof. Kirsch übersieht hierbei aber, daß mit den Worten „in gleicher Weise" nur gesagt ist, daß der Zustand der Garne bis zu einer gewissen kleinsten Länge insofern der gleiche bleibt, als bei allen die Garnfestigkeit im Wesentlichen von der Reibung zwischen den einzelnen Fasern abhängt. Aber nirgends steht in meiner „Erklärung", daß auch die Größe der Reibung von dieser kleinsten Länge ab die gleiche bleibt, oder die Garnfestigkeit nicht anderen wechselnden Einflüssen unterliegt, wenn die Versuchslänge größer und größer genommen wird.

Der von Prof. Kirsch bemängelte Widerspruch ist somit in meiner Arbeit für einen aufmerksamen Kritiker nicht vorhanden. Wohl aber verfährt Prof. Kirsch mit „Willkür" und im „Widerspruch" mit seinen eigenen Worten, wenn er in seinen „Beleuchtungen" sagt: „Ich leugne nicht, daß vielleicht zwischen 1 m und 3 m Versuchslänge auf Abnahme der Festigkeit wirkende, noch unbekannte Einflüsse im Spiel sein können", aber unmittelbar darauf von meiner durch die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen bedingten [2]) Ausgleichung, welche gerade das Bestehen der von ihm „nicht geleugneten" Einflüsse erkennen läßt, behauptet, daß sie „mit einer gewissen Willkür" und „ohne greifbare Veranlassung" vorgenommen wurde.

Der dritte Punkt, auf den Prof. Kirsch nochmals zurückkommt, betrifft die Verwerthung des Hanfmaterials im Zusammenhang mit der Frage, ob diese Verwerthung beim Rundschlag oder Kabelschlag die bessere sei.

Wie aus den hierauf bezüglichen Worten in meiner vorigen Erwiderung zu ersehen ist [3]), habe ich die Ausführungen von Prof. Kirsch bisher dahin verstanden, daß es ihm nur daran gelegen gewesen sei, darauf hinzuweisen, daß die größere Materialausnutzung nach seinen Versuchen für den Rundschlag (Trosse), nach den meinigen dagegen für den Kabelschlag sich ergeben hätten. Ich bezeichnete es als überflüssig, hierauf näher einzugehen, und den gleichen Standpunkt nehme ich auch heute noch ein, weil sich eben zwei Ergebnisse gegenüberstehen, denen beiden gleiche Zuverlässigkeit auch von Prof. Kirsch zugesprochen wurde.

---

[1]) Mittheilungen aus den Kgl. technischen Versuchsanstalten 1893, S. 100.

[2]) Wenn Prof. Kirsch sagt: „daß die Ausgleichung zu der gewählten Linienführung gezwungen habe, wird niemand nach dem oben Gesagten behaupten wollen", so kann ich hierauf nur nochmals erwidern, daß dies vielleicht zutrifft, wenn man allein die „Beleuchtungen" von Prof. Kirsch gelesen hat, nicht aber wenn man den Verlauf der nach den einzelnen Versuchsreihen aufgetragenen Schaulinien vor sich sieht (Fig. 3 der Berliner Mittheilungen 1897, S. 254, und der Wiener Mittheilungen 1897, S. 203).

[3]) Diese „Mittheilungen" 1897, S. 256, und Wiener Mittheilungen 1897, S. 205, Absatz 4 von unten.

Erst aus den jetzt vorliegenden „Beleuchtungen“ (und in diesem Punkt verdienen die Erwiderungen von Prof. Kirsch diese von ihm selbst gewählte Bezeichnung mit Recht) ersehe ich, daß es Prof. Kirsch außerdem daran gelegen war, zu zeigen, daß ich meinen Versuchsergebnissen eine falsche Bedeutung beigelegt hätte, als ich in den Mittheilungen 1893 S. 169 schrieb: „Auch beim Vergleich der Verhältnißzahlen für die berechnete zur ursprünglichen Fadenfestigkeit“ tritt deutlich zu Tage, daß die Ausnützung des Materials beim Kabelschlag eine bessere ist als beim Rundschlag. —

Prof. Kirsch sagt nämlich, daß diese Verhältnißzahl nur ein Maß für die Güte der Verseilung sei, aber kein Maß für die Materialausnutzung. Er versteht hierbei unter „Material“ lediglich den verwendeten Hanf.

Meine Auffassung davon, wie die Materialausnutzung in Seilen und der Einfluß des Seilens zu ermitteln ist, habe ich in meiner ersten Arbeit (Mittheilungen 1893 auf S. 134—164) eingehend erörtert. Es würde zu weit führen, die gegebenen Erklärungen hier im Einzelnen zu wiederholen. Ich beschränke mich daher unter Hinweis auf meine angeführte Arbeit darauf, hier hervorzuheben, daß ich an keiner Stelle dieser Erörterungen ausgesprochen habe, daß die Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften des Hanfes durch das Verhältniß zwischen der aus der Seilfestigkeit berechneten zur ursprünglichen Fadenfestigkeit ausgedrückt sei. Dagegen geht aus dem Satz (1893 S. 159) — „Als Maß für den Gesammteinfluß des Seilens auf die Ausnutzung der in den rohen Garnen gegebenen Materialeigenschaften wurde im vorigen Abschnitt das Verhältniß der Reißlänge der Seile zu den Reißlängen der rohen Garne bezeichnet. Aus diesen in Tab. 11 Spalte 49 aufgeführten Werthen erkennt man, daß das Seilen die Ausnutzung des Materials meist ungünstig beeinflußt“ — klar hervor, daß ich auch das Garn als Material bezeichne. In dem gleichen Sinne habe ich auch in dem von Prof. Kirsch beanstandeten, eben bereits wiedergegebenen Satz mit „Material“ nicht den Hanf, sondern das Garnmaterial verstanden haben wollen, wenn es auch an der betreffenden Stelle nicht nochmals besonders hervorgehoben wurde. — Ich erkenne gerne an, daß dies zum leichteren Verständniß meiner Schlußfolgerungen von Vortheil gewesen wäre; dagegen kann ich Prof. Kirsch nicht zugeben, daß mein Ergebniß (die Materialausnutzung ist beim Kabelschlag besser als beim Rundschlag) von vorneherein wenig Aussicht hat, aufrecht erhalten werden zu können, ja sogar schon durch die von Prof. Kirsch „genannten Beziehungen“ als haltlos erwiesen sei.

Diese „Beziehungen“ sind:

1. daß nicht einzusehen sei, warum durch Zusammendrehen von drei oder vier Rundschlagseilen zum Kabel die in ersteren enthaltene bestimmte Güte der Verseilung eine Verbesserung erfahren solle, da anders die Beanspruchung eines Garnes in dem noch geraden Rundschlagseil größer sein müßte, als nach der Zusammenwindung der Litze im Kabel;
2. daß es „eine alte Erfahrung“ sein müsse, daß Kabelschlag „unvortheilhafter“ sei als Rundschlag, weil „diesem Umstande in den Vorschriften für Seillieferungen durch entsprechend geringere Ziffern Rechnung getragen“ würde.

Zu „Beziehung“ 1 ist Folgendes zu bemerken:

Daß die Vertheilung der Zugbelastung auf die einzelnen Garne durch das Zusammenwinden der Rundschlagseile zum Kabel gleichmäßiger wird, will ich nicht behaupten. Trotzdem ließe sich aber erklären, daß die Gesammtbeanspruchung der einzelnen Garne im Kabel die vortheilhaftere ist. Im Kabel ist die Zahl der Druckstellen zwischen den Litzen innerhalb

der Längeneinheit wesentlich größer als bei Rundseilen. Jede Druckstelle wirkt aber, da sie die Verschiebbarkeit der Fasern gegen einander beeinträchtigt, ähnlich wie eine Einspannung. Im Kabel ist daher die freiliegende Länge der einzelnen Garne kleiner und daher kann ihre Tragkraft größer sein als beim Rundseil.

Hinzu kommt noch Folgendes:

Bei Hanfseilen wechselt der Drall von Glied zu Glied. Ist das Garn rechtsgängig, so ist die Litze links- und das Rundseil wieder rechtsgängig und das aus solchen Seilen gefertigte Kabel linksgängig. Unter Zugbelastung hat das Seil das Bestreben, sich aufzudrehen. Dies bewirkt beim Rundseil Festerdrehen der Litzen, aber Lockern der Garne, beim Kabel dagegen Festerdrehen des Rundseiles, Lockern der Litzen und schließlich Festerdrehen der Garne.

Die Wirkung auf die einzelnen Glieder ist also bei Rund- und Kabelseilen aus demselben Garn entgegengesetzt. Ihre Folgen werden aber davon abhängen, ob und welches der Glieder bereits einen Ueberschuß an Drehungsstärke im unbelasteten Seil haben. Ist dies bei denen der Fall, welche beim Belasten des Seiles auf Aufdrehen beansprucht werden, so kann hierdurch ein Ausgleich der Spannungen und demnach Erhöhung der Seilfestigkeit herbeigeführt werden. Im umgekehrten Falle tritt weiteres Ueberdrehen, also Vermehrung der ungleichmäßigen Spannungsvertheilung bei den einen und weiteres schädliches Lockern der Theile bei den anderen Gliedern ein. Die Folge ist dann Verminderung der Festigkeit.

Ich kann mir daher recht wohl denken, daß bei Seilen, die aus demselben Garn gefertigt sind, das eine Mal der Rundschlag und das andere Mal der Kabelschlag eine bessere Ausnutzung des Materials liefert. Aus dem angeführten Grunde erscheint es denn auch durchaus nicht „auffällig und nicht recht verständlich", weshalb die Versuche der Wiener Anstalt zu dem entgegengesetzten Ergebniß geführt haben als die der Berliner Anstalt.

Bei Begründung seiner Ansicht mit der zweiten oben angeführten „Beziehung" dürfte Prof. Kirsch übersehen haben, daß die „alte Erfahrung" nur dahin geht, daß von zwei Seilen mit gleichem Durchmesser das Kabel geringere Zugfestigkeit besitzt, als das Rundschlagseil. Die Ursache liegt aber nicht in der Konstruktion an sich, sondern daran, daß das Kabel bei gleicher Fläche des umschriebenen Kreises, also bei gleich großem Querschnitt geringere Materialanhäufung besitzt, als das Rundschlagseil. Daß man von Kabelseilen aus „alter Erfahrung" geringere Reißlänge erwartet als vom Rundschlagseil, ist mir nicht bekannt.

Auf S. 216—218 stellt Prof. Kirsch eine Reihe von Sätzen aus seinen und meinen bisher erschienenen Arbeiten über Seiluntersuchungen in wörtlicher Wiedergabe gegenüber und „beleuchtet" sie in ihrem Zusammenhang, so daß er sich schließlich zu dem Trostgefühl berechtigt glaubt, das Urtheil der unparteiischen Fachgenossen werde zu seinen Gunsten ausfallen.

Ich unterstelle die Angelegenheit ebenfalls gerne dem Urtheile der Fachgenossen, möchte aber nicht unterlassen hervorzuheben, daß es trotz der oben erwähnten Wiedergabe der einzelnen Sätze doch nothwendig ist, die Ausführungen von Prof. Kirsch auf S. 155 der Wiener Mittheilungen 1897 im Original nachzulesen, um zu einem unparteiischen Urtheil darüber zu gelangen, ob ich den Satz von der Beurtheilung der Leistungsfähigkeit der Seile nach der Reißlänge mit Rücksicht auf den Zusammenhang, in dem er sich dort befindet, nicht mit vollem Recht in den „damaligen Bemerkungen" suchen und als auf mich bezogen ansehen mußte.

Auf S. 222 (unten) sagt Prof. Kirsch: „Es war direkt unmöglich, »daß man die Vorschriften für die zu erreichende Dehnung . . . . . der Dehnung des für brauchbar

befundenen Materials anpaßte«, weil man für jeden Querschnitt bei konstanter Meßlänge eine andere Dehnungsziffer hätte vorschreiben müssen. Dies »übersah« Prof. Rudeloff, indem er sagte, daß »diese konstante Meßlänge dem Zweck der Prüfungen bei Materialabnahme recht wohl entsprechen konnte.«"

Hierauf habe ich zu erwidern, daß der letzte von Prof. Kirsch in Anführungszeichen gegebene Satz gar nicht von mir ausgesprochen ist. In Wirklichkeit sagte ich: „Prof. Kirsch übersieht nämlich, daß die normalen Meßlängen anfänglich zwar willkürlich gewählt sein mögen, daß man aber die Vorschriften für die zu erreichende Dehnung, **der gerade gewählten Meßlänge entsprechend**, der Dehnung des für brauchbar befundenen Materials anpaßte. Daher kam es, daß man für Metallprüfungen an verschiedenen Stellen verschiedene Meßlängen, aber auch verschiedene Dehnungsvorschriften hatte. Dies entsprach dem Zweck der Prüfung bei Materialabnahmen recht wohl."

Also nicht die konstante Meßlänge habe ich als zweckentsprechend bezeichnet, sondern die Wahl verschiedener Meßlängen bei verschiedenen Dehnungsvorschriften.

Herr Prof. Kirsch hat noch eine Erwiderung auf die vorstehenden Erörterungen des Herrn Prof. Rudeloff eingesendet. Die Aufnahme dieser Erwiderung ist abgelehnt worden, weil sie nicht hinreichend sachliches Interesse für den Leser bot.

A. M.

---

3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Ausbildung im Papierprüfen.

Auf Anregung von Prof. Martens genehmigte die Königl. Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten im Jahre 1886, daß an der Versuchsanstalt freiwillige Hilfsarbeiter zur Ausbildung in den Prüfungsmethoden angenommen werden dürfen.

Die wichtigsten Bestimmungen der Verfügung lauten:

1. Vom 1. Januar 1886 ab werden freiwillige Hilfsarbeiter zu der Beschäftigung in der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt zugelassen.
2. Dieselben sind den Vorschriften des Reglements für die Anstalt in allen Punkten unterworfen. Sie haben die ihnen vom Vorsteher überwiesenen Arbeiten zu erledigen, und es wird ihnen thunlichst Gelegenheit gegeben werden, sich mit allen Zweigen und Aufgaben der Anstalt vertraut zu machen.
3. Die freiwilligen Hilfsarbeiter müssen die Verpflichtung einer mindestens 3 Monate dauernden Thätigkeit eingehen [1]).

So lange sich die Abtheilung für Papierprüfung in ihren alten beschränkten Räumlichkeiten befand, war es nicht möglich, eine größere Anzahl von Hilfsarbeitern gleichzeitig aus-

---

[1]) Nachdem nunmehr von Prof. Martens und Prof. Rudeloff Vorlesungen sammt Uebungen für die Studirenden der technischen Hochschule abgehalten werden und die Versuchsanstalt bei sehr beschränkten Räumlichkeiten stark in Anspruch genommen ist, werden nur noch für die Abtheilung für Papierprüfung freiwillige Hilfsarbeiter angenommen. A. M.

zubilden. Nachdem aber im Jahre 1896 der für die Abtheilung hergerichtete Neubau bezogen wurde, in welchem ein kleines Laboratorium besonders für die Ausbildung von Hilfsarbeitern eingerichtet worden ist, können mehrere Bewerber gleichzeitig Berücksichtigung finden. Es ist jetzt möglich, 3 oder 4 Papiertechniker aufzunehmen und auszubilden.

Insgesammt wurden bis zum 1. Oktober 1898 45 Papiertechniker unterrichtet. Unter diesen waren:

29	aus Deutschland,	3	aus der Schweiz,
2	„ Holland,	1	„ Frankreich,
4	„ Schweden,	2	„ Italien,
		4	aus Oesterreich.

Die Ausbildung der freiwilligen Hilfsarbeiter erfolgt kostenfrei; für Ausländer ist neuerdings ein Honorar von 300 M. vorgeschrieben.

Die jungen Leute werden in erster Linie mit sämmtlichen Papierprüfungsmethoden vertraut gemacht, namentlich soweit diese für die Praxis Bedeutung haben. Ferner befassen sie sich mit der Prüfung sämmtlicher Rohstoffe, welche in der Papier- und Cellulosefabrikation eine Rolle spielen (Chlorkalk, Alaun, Soda, Wasser, Sulfitlauge, Harzseife, Natronlauge, Schwefelsäure u. s. w.). Neben der Verfolgung der Prüfungsmethoden wird hinreichend ausgebildeten Theilnehmern Gelegenheit gegeben, Fragen zu bearbeiten, die sie besonders interessiren, oder die ein besonderes allgemeines Interesse haben. So wurden, um einige Beispiele anzuführen, von verschiedenen Herren nachstehende Fragen bearbeitet:

Bestimmung des Cellulosegehaltes in verschiedenen Holz- und Strohstoffen, einmal durch Aufschließen im Kocher und ferner durch abwechselnde Behandlung mit Bromwasser und Ammoniak.

Bestimmung des verschiedenen Mahlungszustandes von Papierfasern.

Bestimmung der Faserlänge in Holzabschnitten, welche aus verschiedenen Stellen des Stammes entnommen waren.

Ermittelung der Ursachen verschiedener Flecken und sonstiger Fehler im Papier.

Herstellung von Harzseife nach verschiedenen Verfahren.

Färbung von Papierfasern unter Bestimmung der Ausgiebigkeit der verwendeten Farben und Beizen.

Versuche über die Beziehungen zwischen Druck, Laugenmenge, Laugenkonzentration und Arbeitszeit beim Aufschließen von Holz.

Mit der speziellen Ausbildung der Hilfsarbeiter ist der älteste Assistent der Abtheilung für Papierprüfung, Chemiker Dalén, betraut. Er hat sich hierfür als besonders geeignet erwiesen, weil er vor seinem Eintritt in die Versuchsanstalt verschiedene Jahre im In- und Auslande in der Papier- und Celluloseindustrie praktisch thätig gewesen ist, so daß er den Hilfsarbeitern auch bei Fragen praktischer Art, welche verfolgt werden, mit Rath zur Seite stehen kann.

Besondere Bedingungen für die Aufnahme der freiwilligen Hilfsarbeiter hat die Versuchsanstalt nicht aufgestellt. Sie verlangt indessen vor der Aufnahme die Einsendung eines Lebenslaufes und etwaiger Zeugnisse des Bewerbers, um auf Grund derselben über die Aufnahme zu entscheiden. Bei der Aufnahme wird der Grundsatz befolgt, möglichst jedem Papiertechniker Gelegenheit zur Ausbildung zu geben. Da die verfügbaren Stellen meistens längere Zeit im Voraus besetzt sind, so empfiehlt sich eine rechtzeitige Anmeldung.

Zum Schluß sei noch eine Ansicht berichtigt, welche in Fachkreisen auch jetzt noch vielfach verbreitet ist, nämlich die, daß die freiwilligen Hilfsarbeiter zur Erledigung der amtlichen

Prüfungsanträge mit herangezogen werden. Dies geschieht nicht. Sie erhalten ihre Arbeit von dem Abtheilungsvorsteher oder dem ersten Assistenten überwiesen und erhalten Material aus den amtlichen Prüfungen nur insoweit letzteres für den Unterricht besonderes Interesse hat und ohne daß sie den Ursprung des Materials erfahren.

Hektographenpapier.

In einer Hektographenpapierfabrik zeigte sich bei der Verarbeitung einer Sorte braunen Holzpapiers zu Hektographenpapier, bei aufeinander folgender Behandlung mit Leinöl und Glycerin, ein eigenartiger Uebelstand. Die aus den Ballen frisch entnommenen Bogen nahmen beim Oelen stellenweise, und zwar vorzugsweise in der Mitte der Bogen, kein Oel auf; diese Stellen, welche im durchfallenden Licht dunkel erschienen im Gegensatz zu den übrigen durch das Oel transparent gemachten Theilen des Bogens, waren nach der später erfolgenden Behandlung mit Glycerin so weich und lappig, daß man die Papiermasse sehr leicht mit dem Fingernagel abschaben konnte.

Wurden die Bogen nicht frisch aus dem Ballen weg verarbeitet, sondern erst eine Zeit lang im Fabrikraum frei aufgehängt, so zeigte sich der geschilderte Uebelstand nicht. Schon eine flüchtige Untersuchung der Ballen und der frisch entnommenen Bogen deutete auf einen hohen Feuchtigkeitsgehalt des Papiers hin. Die frisch entnommenen Bogen fühlten sich in der Mitte klamm und feucht an. Proben, aus verschiedenen Bogen in verschiedener Höhe eines frisch geöffneten Ballens entnommen, lieferten folgenden Feuchtigkeitsgehalt:

Probe	I.	11,0 %
„	II.	10,7 %
„	III.	11,9 %
„	IV.	12,6 %
„	V.	10,6 %
	Mittel	11,4 %

Der Feuchtigkeitsgehalt der Papiere war also ein verhältnißmäßig hoher.

Proben einer anderen Fertigung, welche in demselben Fabrikraum lagerte, und welche sich ohne Schwierigkeiten zu Hektographenpapier verarbeiten ließ, zeigten einen mittleren Feuchtigkeitsgehalt von 6,3 %. Man muß daher wohl annehmen, daß der hohe Feuchtigkeitsgehalt bei der erst erwähnten Fertigung das Eindringen des Oeles in die Papiermasse erschwert hat und so zu einem Mißlingen der Fabrikation Veranlassung gab. Diese Vermuthung erscheint um so berechtigter, als die Bogen nach längerem Aufhängen, also nach dem Austrocknen, und nachdem sie Gelegenheit gehabt hatten, ihre überschüssige Feuchtigkeit abzugeben, sich einwandfrei verarbeiten ließen.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. **1898.** Fünftes Heft.

1. Prüfung natürlicher Gesteine in den Betriebsjahren 1895/96 bis 1897/98.

Vom Abtheilungsvorsteher Ingenieur M. Gary.

Im Jahrgange 1897, S. 46 u. f. der „Mittheilungen" sind die letzten Veröffentlichungen der Ergebnisse der Gesteinsuntersuchungen enthalten, welche bis zum 1. April 1895 nach dem alten Prüfungsverfahren der ehemaligen Königl. Prüfungsstation für Baumaterialien ausgeführt worden sind. Dort sind auch diese Prüfungsverfahren kurz geschildert und ist in Aussicht gestellt worden, bei Gelegenheit der Veröffentlichung neuer Prüfungsergebnisse auf die theilweise Aenderung der Verfahren und die Gründe, die hierzu geführt haben, einzugehen. Das soll hier geschehen. Die in den folgenden Tabellen zusammengestellten Prüfungsergebnisse umfassen die Gesteinsuntersuchungen, welche vom 1. April 1895 bis zum 1. April 1898 in der Versuchsanstalt ausgeführt wurden und für welche die auf Grund der Beschlüsse der internationalen Konferenzen für die Vereinbarung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Baumaterialien angenommenen Prüfungsverfahren maßgebend gewesen sind.

Zunächst ist in der Vorbereitung der Gesteine zur Prüfung gegen früher eine Aenderung insofern eingetreten, als die Herstellung der Würfel für die Druckversuche neuerdings fast ausschließlich in der Versuchsanstalt selbst erfolgt. Das ist durch Vermehrung der Diamantsägen der Anstalt möglich geworden, und damit ist nicht nur eine schnellere Erledigung der Aufträge erreicht, sondern auch eine bessere Kontrole über die Identität des Materials und die Festhaltung der Lagerflächen gewährleistet. Bei der Anfertigung der Probekörper aus rohen Blöcken außerhalb der Versuchsanstalt war es schwer, mit voller Sicherheit nachzuweisen, ob das der Versuchsanstalt in Würfeln zurückgeschickte Material identisch mit dem der Steinsägerei in Blöcken übermittelten Material war.

Verwechselungen der Lagerflächen kamen häufiger vor und wurden zuweilen erst bei der Prüfung der Würfel durch die besonderen Zerstörungserscheinungen festgestellt, welche die „auf Spalt", d. h. parallel der Lagerrichtung, gedrückten Würfel gegenüber den normal zur Lagerrichtung gedrückten bei den meisten Gesteinen aufweisen. Gegenwärtig werden in der Versuchsanstalt zunächst aus den zur Prüfung eingehenden Rohblöcken von annähernd $23 \times 15 \times 10$ bezw. $16 \times 15 \times 10$ cm, die möglichst wenig behauen sein müssen, Prismen vom Querschnitte der herzustellenden Würfel auf der Diamantgattersäge geschnitten und diese Prismen dann in Würfel zerlegt. Das Zerlegen weicher Gesteinsprismen (z. B. der Sandsteine)

geschieht auf der Gattersäge, die anderen Würfel werden auf zwei mit Diamantstaub beschickten Kreissägen geschnitten. Für weiche Gesteine, z. B. Sandsteine, werden Würfel von 6 bezw. 5 cm, für Hartgesteine Würfel von 4 cm Seitenlänge hergestellt. Die Druckflächen dieser Würfel werden hierauf noch mit feinem Schmirgel völlig eben nachgeschliffen.

Zur Kennzeichnung der äußeren Beschaffenheit des Gesteines wurde früher nur die Farbe der frischen Bruchfläche angegeben. Bei den neueren Untersuchungen ist die Versuchsanstalt einen Schritt weiter gegangen und schildert für jedes Gestein möglichst sorgfältig neben der Farbe sowohl die Beschaffenheit des Gefüges, als das Aussehen der Bruchfläche, d. h. die Art der Spaltbarkeit des Gesteins. Leider fehlt es der Versuchsanstalt zur Zeit noch an der Möglichkeit, Einrichtungen für die genaue petrographische und mineralogische Bestimmung aller zu prüfenden Steine zu treffen, die nicht nur für die Antragsteller oft von erheblichem Werth sein würde, sondern auch von wissenschaftlicher Bedeutung, insbesondere für die Gruppirung der einzelnen Gesteinsarten und die Beurtheilung ihres bautechnischen Werthes. Die Berechtigung der bereits früher gegen die bisherige Eintheilung der Gesteine erhobenen Einwände[1]) sowie die Zweckmäßigkeit der dort gegebenen Hinweise wird durchaus anerkannt, und es wird beabsichtigt, sobald Raum und Mittel dies zulassen, die Untersuchung der natürlichen Gesteine in der angedeuteten Richtung zu vervollkommenen.

In der Ausführung der Druckversuche sind Aenderungen nicht eingetreten. Die für die Ausführung dieser Versuche benutzte hydraulische Presse von 150 t Kraftleistung ist oft geprüft. Nach dem Ergebniß dieser Prüfung sind die auf der Maschine ermittelten Werthe bis auf $\pm 2{,}5\,\%$ zuverlässig. Die Druckbeanspruchung erfolgt nach wie vor zumeist senkrecht zur Lagerfläche des Gesteins und wird nur auf besonderen Antrag parallel zur Lagerfläche ausgeführt. Dagegen hat die Behandlung der Proben vor dem Druckversuch gegen früher mehrfache Aenderungen erfahren. Je 10 Würfel werden trocken, wassersatt und nach Frostbeanspruchung geprüft. An Stelle der Prüfung der getrockneten Würfel wurden früher ausschließlich Versuche mit lufttrockenen Proben ausgeführt. Da sich indessen herausgestellt hat, daß der Wassergehalt der lufttrockenen, d. h. nur anscheinend trockenen Würfel bei verschiedenen Steinen sehr erheblich schwankt, je nachdem sie kürzere oder längere Zeit nach ihrer Entnahme aus dem Bruche und nach Herstellung zur Prüfung gelangen; da überdies beim Schneiden auf der Steinsäge die Würfel unvermeidlich mit Wasser in Berührung kommen und weil das Wasseraufnahmevermögen verschiedener Gesteine sehr verschieden ist, werden jetzt die Würfel für die Prüfung im trockenen Zustande durch Trocknen bei etwa 50 C° (bis zu gleichbleibendem Gewicht) vorbereitet. Der einfachere Weg würde allerdings sein, die Würfel bis zu gleichmäßiger Lufttrockenheit im Zimmer lagern zu lassen. Damit würden aber erhebliche Zeitverluste verbunden sein, welche meist unerwünscht sind. Die zur Prüfung im wassersatten Zustande bestimmten Würfel werden wie früher allmählich in Wasser getaucht, bis gleichbleibendes Gewicht eintritt, was gewöhnlich in weniger als 125 Stunden der Fall ist. Hierfür wird destillirtes Wasser verwendet, um oberflächlichen Porenverschluß durch etwa im Leitungswasser enthaltene Stoffe zu verhindern.

Die wesentlichste Veränderung hat die Ausführung der Frostversuche bezw. die Prüfung der gefrorenen Steine erfahren. Mit der Einführung der Lindeschen Kältemaschine an Stelle des früher benutzten Gefrierkastens und der Kältemischung aus gestoßenem Eis und

[1]) Dr. Fiebelkorn: Die Prüfung natürlicher Gesteine durch die Königl. mechanisch-technische Versuchsanstalt. Thonindustrie-Zeitung 1897, Nr. 82.

Salz ist es leicht möglich geworden, die Steine wiederholtem Gefrieren in ähnlicher Weise auszusetzen, wie die internationalen Konferenzen dies vorgeschlagen haben. Gleichzeitig wird darauf geachtet, daß die Würfel nicht mehr, wie früher, nach nur 12stündiger Lagerung im Wasser einmaliger Frostwirkung ausgesetzt werden, sondern daß die Würfel erst nach völliger Wassersättigung abwechselnd mindestens je 4 Stunden der Kälte von etwa — 12 bis — 15 C° ausgesetzt und darauf in destillirtem Wasser je drei Stunden bei Zimmerwärme wieder aufgethaut werden. Nach 25maligem Gefrieren und Wiederaufthauen werden dann die Würfel, ohne sie vorher wieder zu trocknen, auf Druck beansprucht, so daß sie also mit den nur im wassersatten Zustande geprüften Proben in direkten Vergleich gestellt werden können. Alle Steine, welche in den nachstehenden Tabellen auf Festigkeit nach Frostbeanspruchung geprüft erscheinen, sind vorher in dieser Weise behandelt worden. Wenn sich hierbei Abbröckelungen oder Risse gezeigt haben, so ist dies unter „Bemerkungen" besonders angegeben. In den übrigen Fällen haben die Steinwürfel die Frostversuche ohne äußerlich sichtbare Schäden bestanden. Um zu entscheiden, in welcher Weise die Wirkung des 25maligen Gefrierens von der des einmaligen Gefrierens, wie es früher geübt wurde, sich unterscheidet, reichen die nachstehend mitgetheilten Versuchsreihen noch nicht aus, deshalb soll erst noch weiteres Material gesammelt werden.

Während früher nur das Raumgewicht r der Gesteine, d. h. das Gewicht der Raumeinheit einschließlich der Porenräume, ermittelt wurde, werden seit dem Uebergang der Prüfungsstation für Baumaterialien an die Versuchsanstalt sowohl das Raumgewicht r_w von unregelmäßigen Steinstücken mit Hilfe der Wassersättigungsmethode, als auch das spezifische Gewicht s des zu einem feinen Pulver von bestimmter Korngröße zerkleinerten, also nahezu lückenlosen Steinmaterials bestimmt; der Quotient $\frac{r}{s} = d$ ergiebt dann den Dichtigkeitsgrad[1]) des Steines, während der Undichtigkeitsgrad (Porosität) durch $u = d - 1$ gegeben ist. Dieser ist zur Beurtheilung der Verwendbarkeit des Steines häufig von Interesse, weil er nicht immer mit der Wasseraufnahmefähigkeit (der scheinbaren Undichtigkeit) der Gesteine parallel läuft. Je nach der Vertheilung und Anordnung der Hohlräume im Steinkörper kann also ein Gestein einen geringen Dichtigkeitsgrad besitzen, ohne gleichzeitig hohe Wasseraufnahmefähigkeit zu zeigen. Beide Prüfungen müssen sich deshalb ergänzen.

Zur Prüfung der Wasseraufnahmefähigkeit der Gesteine dienen wie früher die für die Druckfestigkeit im wassersatten Zustande bestimmten Würfel, welche, wie erwähnt, zuvor bei 50 C° getrocknet, dann allmählich in destillirtes Wasser getaucht und so mit Wasser gesättigt werden.

In der Ausführung der Prüfung auf Abnutzbarkeit der Gesteine ist insofern gegen früher eine Aenderung vorgenommen worden, als die Probestücke zu diesen Versuchen zunächst bei 50 C° getrocknet werden und bei dem Versuch selbst vor jeder Aufgabe von frischem Schmirgel, also nach je 22 Umgängen der Scheibe, der alte Schmirgel sammt dem abgeschliffenen Steinpulver von der Scheibe entfernt wird. Dies geschieht, um die Abnutzungswerthe von der Menge des abgeschliffenen Steinmaterials unabhängig zu machen. Vergleichende Versuche haben gezeigt, daß die Unterschiede, die hierdurch gegenüber dem früheren Verfahren sich ergeben, nur gering sind.

[1]) Siehe „Mittheilungen" 1897, S. 89, und A. Martens, Handbuch der Materialienkunde, Abs. 18—21.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe	r	s	$\frac{r}{s}$	24 Stunden	125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
										A. Massige un-
										1.
1	Granit (in Verwitterung begriffen); Handelsbezeichnung: „Schneekopfssteine"	Mühlsteinbruch zur kleinen Schmücke, Gehlberger Forst; Besitzer: E. Möller, Gehlberger Mühle, Station Gehlberg (5 km)	Krystallinisch-körniges, ins Porphyrische übergehendes Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer; durch stark vorgeschrittene Verwitterung, bestehend in einer theilweisen Kaolinisirung des Feldspathes, zeigt der Granit ein erdiges, zellig poröses Aussehen	unregelmäßig, erdig	fleischfarbig bis hellgrau	2,262	2,617	0,864	—	—
2	Granit	Schwarzwald; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	—	—	graumelirt	—	—	—	—	—
3	Granit	Angeblich Carlshamn i. Schweden; Antr.: Stadtbaumeister Lammers in Stettin	Krystallinisch-körniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	röthlichgrau	2,503	2,623	0,954	—	—
4	Granit	Nahe Kandern, Endstation der Nebenbahn Haltingen-Kandern (Schwarzwald); Besitzer: E. Friedr. Meyer, Freiburg i. B.	—	—	graumelirt	—	—	—	—	—
5	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Mittel- bis grobkörnig-krystallinisches Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	hell- bis gelblichgraumelirt	2,619	2,638	0,993	—	—
6	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Feinkörnig-krystallinisches Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	hellgraumelirt	2,625	2,655	0,989	—	—
7	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-feinkörniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	graumelirt	2,616	2,648	0,988	0,4	0,4
8	Granit	Sachsen	Bei der Bearbeitung auf dem Diamantsägegatter erwies sich das Material als sehr hart und spröde; es ließ sich schwer schneiden und splitterte an den Kanten		grau	—	—	—	—	—

[1]) Die in den Druckflächen befindlichen Hohlräume wurden mit reinem Cement ausgefüllt.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g							
cm	qcm	kg												

geschichtete Gesteine.

Granite.

4	16	0,148	1003 **808**[1]) 620	—	Die zu den Frostversuchen benutzten Schotterstücke zeigten nur Lostrennung geringer Theile der das Gestein zusammensetzenden, sandbildenden Mineralien und einzelner kleiner Gesteinsstückchen	I. II.	3,8 3,5	3,9 3,5	3,7 4,0	3,6 4,3	15,0 15,3	6,7	Mühlsteinfabrikation; theilweise auch Brücken- und Eisenbahnbau; Straßenschotter	Eisenbahn Neu-Dietendorf-Ritschenhausen
5,8	34,2	0,581	1871 **1582** 1275	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Vom Antragsteller nicht mitgetheilt	—
4,1	16,5	0,178	2091 **1631** 1340	—	—	I. II.	4,4 4,4	3,9 4,3	3,5 4,1	3,8 3,2	15,6 16,5	6,4	Pflastersteine	—
5	25	0,334	2144 **1790** 1444	—	—	I. II.	— —	— —	– —	— —	— —	—	Pflastersteine	Freiburg, Basel, Zürich, Bruchsal; neue Rheinbrücke in Kehl
4	16	0,168	2120 **1849** 1436	—	—	I. II.	4,5 3,8	3,7 4,7	3,7 2,6	3,3 4,0	15,2 15,1	5,8	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
4	16	0,168	2605 **2024** 1753	—	—	I. II.	6,3 8,2	5,1 5,2	4,9 4,6	5,2 4,7	21,5 22,7	8,4	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
4	16	0,166	2414 **2064** 1643	2180 **1881** 1344	2260 **1852** 1492	I. II.	3,8 4,8	4,0 4,2	4,4 4,4	3,7 3,4	15,9 16,8	6,25	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
5	25	0,324	2570 **2116** 1675	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	—	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
9	Granit	Sächsische Lausitz, Granitwerk „Großer Jungfernstein" Rittergut Weidlitz; Antr.: C. G. Kunath, Dresden, Grunaerstraße 12	Krystallinisch-körnig (mittelkörnig)	uneben, rauh, etwas splittrig	grau, gesprenkelt	2,664	2,682	0,993	0,0	0,0
10	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Fein- bis grobkörnig-krystallinisches Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	hell- bis gelblichgrau-melirt	2,611	2,632	0,992	—	–
11	Granit	Angeblich Carlshamm i. Schweden; Antr.: Stadtbaumeister Lammers in Stettin	Krystallinisch-körniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	grau	2,509	2,638	0,951	—	—
12	Granit	Nahe Kandern, Endstation der Nebenbahn Haltingen-Kandern (Schwarzwald); Besitzer: E. Friedr. Meyer, Freiburg i. B.	—	—	graumelirt	—	—	—	—	—
13	Granit	Angeblich Bornholm i. Schweden; Antr.: Stadtbaumeister Lammers in Stettin	—	—	blaugrau und röthlich	—	—	—	—	—
14	Granit	Distrikt Lysekil i. Schweden; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körniges (mittelkörnig) Aggregat von Feldspath, Quarz und Magnesiaglimmer (Biotit)	unregelmäßig, uneben	grünlichgrau bis fleischfarbig	2,612	2,628	0,994	0,1	0,1
15	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet; aus 12—18 m Tiefe entnommen	Krystallinisch-feinkörniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas splittrig	hellgraumelirt	2,602	2,627	0,990	—	—
16	Granit entnommen 1 bis 2 m unter der natürlichen, unbedeckten Oberfläche des Felsens; Handelsname: Kinnar L.	Söndre Kinnertangen, Ostseite des Drammenfjords (Arm des Kristianiafjords), am Wasser, 7 km von der Stadt Drammen in Norwegen; Besitzer: Andvik Stenhuggeri, Kristiania	Krystallinisch-grobkörnig	uneben, rauh, splittrig	braungraumelirt	2,588	2,603	0,994	0,4	0,4
			Das Material ist auf dem Diamantsägegatter schwer, auf der Kreissäge leicht zu bearbeiten							
17	Granit	Påskallawik, Südostküste Schwedens; Bessere Qualitäten im Löfsholt, 4 km westlich vom Hafenplatz Påskallawik	Das Material ist auf dem Diamantsägegatter schwer, auf der Kreissäge leicht zu bearbeiten		röthlich	—	—	—	—	—

[1]) u. [2]) Einige stark glimmerhaltige Würfel ergaben die geringsten Festigkeitswerthe.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g							
cm	qcm	kg												
4	16	0,171	2399 **2178** 1747	2198 **2044** 1896	2213 **2001** 1840	I. II.	4,7 4,8	5,0 4,5	4,5 4,4	4,4 3,5	18,6 17,2	6,8	—	—
4	16	0,175	2382 **2178** 1875	—	—	I. II.	5,0 6,3	4,2 4,2	3,4 6,2	3,5 4,3	16,1 21,0	7,1	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
4,2	17,5	0,194	2354 **2208** 2029	—	—	I. II.	4,3 4,7	3,8 4,0	3,3 2,5	3,6 2,3	15,0 13,5	5,7	Pflastersteine	—
5,1	25,5	0,349	2431 **2285** 2060	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine	Freiburg, Basel, Zürich, Bruchsal; neue Rheinbrücke in Kehl
4,1	16,6	0,190	2482 **2248** 1946	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine	—
4,2	17,5	0,182	2580 **2362** 2029	2478 **2109** 1791	2551 **2245** 2001	I. II.	2,0 4,1	3,6 3,8	3,1 3,1	3,2 3,0	11,9 14,0	5,0	Hoch- und Tiefbauten; Pflastersteine	Seit 1842 in Schweden und Dänemark zu Festungs- und Wasserbauten, Brücken, Treppen, Fassaden, Denkmälern, Säulen, Kollersteinen u. s. w.
4	16	0,168	2991 **2894** 1902	—	—	I. II.	5,8 4,7	5,1 4,8	3,0 4,2	4,3 3,9	18,2 17,6	6,85	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
4	16	0,163	2679 **2395** 1871	2774 **2207** 1820[1])	2227 **2057** 1758[2])	I. II.	3,7 3,4	4,0 3,4	3,2 4,7	3,3 4,1	14,2 15,6	5,8	Kaibauten, Trottoirplatten und Stufen; polirte Arbeiten	In Norwegen; die Tragkraft der Hebevorrichtungen der Schiffe begrenzt das Gewicht der Blöcke auf 8 t
4	15,9	0,165	2852 **2408** 2148	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Bau- und Pflastersteine	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
18	Granit	Halmstads Stenhuggeri A. B. bei Halmstad (Schweden); Besitzer: Nic. Petersen jun. Flensburg	Gleichförmig, fein- bis mittelkörnig-krystallinisches Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, rauh	röthlichgrau-melirt, gestreift	2,655	2,672	0,994	—	—
—	Derselbe	—	Da der Stein von etwas ungleichmäßig geaderter Struktur ist, wurde seitens einer Behörde die Vermuthung ausgesprochen, daß daraus gefertigte Pflastersteine leichter abgenutzt würden, wenn der Stein so geschlagen sei, daß die Aderung parallel mit der Oberfläche desselben liefe; das veranlaßte den Steinbruchbesitzer, das gleiche Material nach beiden Richtungen hin prüfen zu lassen, obgleich sich derartige Mängel in einem mehr als zwanzigjährigen praktischen Gebrauche nicht herausgestellt hatten							
19	Granit	Nahe Carlskrona; nähere Angabe nicht gestattet; Besitzer: F. H. Wolff, Carlskrona; Brüche 3—10 m tief theils an der Küste, theils an der Eisenbahn	Krystallinisch-körniges Gemenge von Feldspath, Quarz, Glimmer (Biotit)	unregelmäßig, rauh, splittrig	röthlichgrau	2,671	2,685	0,995	0,3	0,3
20	Granit	Storbyn bei Hendiksvall in Schweden; Brüche der Svenska Granitindustrie Actiebolaget in Stockholm	Gleichförmig dicht, krystallinisch-feinkörnig	rauh, scharfkantig	grau	2,666	2,717	0,981	—	—
21	Rother Granit Handelsbezeichnung: Wäneviks-Granit Nr. 2.	Wänevik bei Oscarshamn in Schweden; Brüche der Svenska Granitindustrie Actiebolaget in Stockholm, direkt am Wasser belegen	—	—	röthlichgrau mit bläulich glänzendem Quarz	—	—	—	—	—
22	Granit	Reichenstein, Schlesien	Krystallinisch-feinkörnig	uneben, scharfkantig, etwas splittrig	grau	2,633	2,639	0,998	0,0	0,0
			Das sehr harte Material ließ sich auf dem Diamantsägegatter sehr schwer, auf der Kreissäge sehr leicht schneiden							
23	Granit	Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körnig; gleichförmig	uneben, rauh	röthlichgrau	2,628	2,656	0,989	0,5	0,5
24	Granit	Brücke Stenhuggeri an den Ufern der Meerbusen Brofjorden Älvsfjorden und Gullmarsfjorden in der Nähe Lysekil (Dampferstation), Westküste Schwedens	Gleichförmig dicht; krystallinisch-mittelkörnig	rauh	grau bis röthlichgrau	2,612	2,616	0,998	0,0	0,0

11. Abmessungen: Seitenlänge des Würfels (rund) cm	11. Abmessungen: Gedrückte Fläche (rund) qcm	12. Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels kg	13. Druckfestigkeit kg/qcm: trocken	14. Druckfestigkeit kg/qcm: wassersatt	15. Druckfestigkeit kg/qcm: nach 25maligem Gefrieren	16. Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche: Versuch Nr.	Gewichtsverlust Arbeitsviertel 1 g	2 g	3 g	4 g	Gesammt-Gewichtsverlust g	Verlust in ccm	17. Verwendungszweck	18. Bereits verwendet Wo?
4,1	16,7	0,187	3060 **2517** 1988	Senkrecht zum Lager geprüft; die meisten Würfel wurden unter regelmäßiger Pyramidenbildung zerstört		I.	5,1	3,2	3,0	3,7	15,0	5,3	Pflaster- und Bordsteine, Werkstücke	Berlin, Hamburg, Altona, Kiel, Flensburg zu Pflaster; Lübeck, Kiel, Rostock, Schleswig, Husum, Flensburg u. s. w. zu Quai- und Hafenbauten
						II.	3,5	3,5	3,2	3,1	13,4			
4,1	17,0	0,191	2259 **1952** 1471	Parallel zum Lager geprüft; Zerstörung wie oben		I.	5,5	2,8	3,4	3,6	15,3	5,4	—	—
						II	4,6	3,5	2,3	3,0	13,4			
4	16	—	2956 **2527** 2169	2775 **2347** 1994	2631 **2219** 1931	I.	4,0	3,7	3,5	3,5	14,7	5,3	Bausteine seit 36 Jahren für das Ausland; Pflastersteine erster Klasse seit 22 Jahren	Befestigungen und Docks bei Carlskrona; deutsche Marinebauten in Neufahrwasser, Kiel, Wilhelmshafen; Pflaster in Berlin, Posen und Warschau
			Nach 25 mal. Ausfrieren im trockenen Zustande geprüft $\sigma_B = 2458$			II.	3,6	3,5	3,2	3,3	13,6			
4	16	0,173	2937 **2585** 2087	—	—	I.	3,2	2,2	3,8	3,4	12,6	4,95	—	—
						II.	4,6	2,7	3,0	3,5	13,8			
4	16	0,168	2877 **2646** 2045	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Monumentale Arbeiten; Blöcke bis 6 cbm Inhalt, Säulen 5—6 m Länge ohne Schwierigkeit	—
						II.	—	—	—	—	—			
4	16	0,164	2934 **2658** 2414	2991 **2499** 2151	2711 **2390** 1809	I.	4,0	2,5	2,3	2,0	10,8	4,4	Pflastersteine, Bausteine	—
						II.	2,6	4,3	2,7	2,5	12,1			
4,1	16,7	0,184	3060 **2696** 2419	2569 **2148** 1820	—	I.	3,6	3,6	3,7	2,8	13,7	5,5	—	—
						II.	4,6	3,7	3,3	3,6	15,2			
4	16	0,169	3013 **2708** 2414	3032 **2495** 2032	3321 **2612** 2109	I.	4,1	3,0	1,9	2,6	11,6	4,15	Pflastersteine, Bordsteine, Quadern, Stufen u. s. w.	Seit 1884 von Straßenbaubehörden in Hamburg, Altona, Wandsbeck, Bremen, Kiel, Rendsburg, Emden, Magdeburg, Berlin, Stettin, Rostock u. s. w.
						II.	3,5	2,2	2,3	2,1	10,1			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
25	Granit	Nahe Carlskrona; nähere Angaben nicht gestattet; Besitzer: F. H. Wolff, Carlskrona; Brüche 3 bis 10 m tief, theils an der Küste, theils an der Eisenbahn	Krystallinisch-körniges Gemenge von Feldspath, Quarz, Glimmer (Biotit)	unregelmäßig, rauh, splittrig	grau	2,640	2,667	0,990	0,2	0,2
26	Granit Handelsbezeichnung: Carlskrona-Granit	Tromsö; Brüche in der Nähe von Förkärla in Schweden, gehörig der Carlskrona Granit-Actiebolag in Carlskrona; Transport auf dem Wasserwege	Krystallinisch-feinkörnig	uneben, scharfkantig, flachmuschelig, etwas splittrig	grau	2,645	2,663	0,993	0,2	0,2
27	Granit Handelsbezeichnung: Carlskrona-Granit	Arpö (Insel); Brüche in der Nähe von Listerby in Schweden, gehörig der Carlskrona-Granit-Actiebolag in Carlskrona	Krystallinisch-körnig (fein- bis mittelkörnig)	uneben, scharfkantig, flachmuschelig bis splittrig	röthlich grau, gesprenkelt	2,615	2,635	0,992	0,2	0,3
28	Granit	Granitberg Matwik I; Nahe Karlshamn in der Nähe der Ostsee; Karlshälls Stenhuggerier Inh. Ing. C. G. Smith, Karlshamn	Krystallinisch-körniges Aggregat (mittelkörnig) von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, etwas muschelig	grau	2,627	2,641	0,995	0,2	0,2
29	Granit	Ursprung unbekannt; Antr.: Stadtbaumeister Lammers in Stettin	—	—	—	—	—	—	—	—
30	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet; aus 7—13 m Tiefe entnommen	Krystallinisch-feinkörniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	uneben, splittrig bis muschelig	grau-melirt	2,591	2,622	0,988	—	—
31	Granit	Ursprung unbekannt; Antr.: Stadtbaumeister Lammers in Stettin	—	—	—	—	—	—	—	—
32	Granit	Schweden; nähere Ursprungsangabe aus geschäftlichen Rücksichten nicht gestattet	Feinkörnig, ins krystallinische übergehend; gleichförmig	uneben, etwas splittrig	grau	2,609	2,664	0,979	0,6	0,6
33	Dunkelblauer Labrador Handelsbezeichnung: Labrador Nr. 6 V	Barlid und Raugland bei Lansvik in Norwegen; Brüche der Svenska Granitindustri Actiebolaget, Stockholm, direkt am schiffbaren Wasser	—	—	grünlich dunkelgrau mit matt bläulich schillernden Stellen (Labrador)	—	—	—	—	—
34	Hellblauer Labrador Handelsbezeichnung: Labrador Nr. 8 T	Tvedalen am Mörjefjord in Norwegen; Brüche der Svenska-Granitindustri Actiebolaget, Stockholm, direkt am schiffbaren Wasser	—	—	grau mit bläulich schillerndem Labrador	—	—	—	—	—

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
4	16	0,178	3131 **2708** 2369	3006 **2664** 2363	3319 **2867** 2213	I. II.	3,6 3,6	3,0 3,4	3,2 3,2	2,6 3,0	12,4 13,2	4,85	Pflastersteine	Seit 22 Jahren in russischen, deutschen u. dänischen Städten (Riga, Libau, Warschau, Königsberg, Danzig, Posen, Stettin, Berlin, Charlottenburg, Schwerin, Rostock, Lübeck, Kiel, Altona, Hamburg, Kopenhagen u. s. w.)
			Nach 25 mal. Ausfrieren im trockenen Zustande geprüft $\sigma_B = 2534$; eine Probe mit 1825 kg/qcm war schadhaft											
4	16	0,167	3009 **2796** 2369	2804 **2451** 2229	2912 **2608** 2353	I. II.	5,3 4,4	4,4 3,6	5,6 4,6	4,4 4,6	20,0 17,2	7,1	Straßenbau	Berlin, Hamburg, Stettin
4	16	0,163	3130 **2857** 2555	3059 **2795** 2353	3254 **2949** 2679	I. II.	5,3 5,1	5,2 3,5	3,9 4,6	4,9 3,9	19,3 17,1	7,0	Straßenbau	Berlin, Hamburg, Stettin
4,2	17,2	0,183	3360 **2877** 2494	3064 **2692** 2291	3398 **2861** 2239	I. II.	3,9 3,8	3,5 2,7	3,5 3,3	3,5 2,9	14,4 12,7	5,15	Pflastersteine, Kantsteine, Werksteine	—
4	16	0,171	3410 **2950** 2679	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine	Stettin
4	16	0,166	3175 **2956** 2667	—	—	I. II.	4,3 5,4	2,8 4,1	3,3 3,5	3,2 3,4	13,6 16,4	5,75	Pflastersteine	Zur Pflasterung einer schlesischen Stadt ausersehen
4	16	0,171	3286 **2962** 2648	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine	Stettin
4,1	16,3	0,178	3689 **3123** 2354	3121 **2897** 2614	3435 **2898** 2509	I. II.	2,7 2,2	2,6 1,9	1,6 1,6	2,2 1,5	9,1 7,2	3,15	—	—
4	16	0,177	2075 **1880** 1531	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Dekorationsarbeiten	—
4	16	0,172	2955 **2563** 2223	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Dekorationsarbeiten	—

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
Granite, nicht auf										
35	Rother Granit	Drammen in Norwegen	Krystallinisch-körnig (grobkörnig); Mineralbestandtheile: Orthoklas, Quarz, Biotit	unregelmäßig, splittrig	fleischfarbig, melirt	2,563	2,582	0,993	—	—
36	Granit	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körnig (fein- bis mittelkörnig)	uneben, rauh, splittrig	hellgrau melirt	2,613	2,647	0,987	—	—
37	Granit	Sachsen; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körnig (fein- bis mittelkörnig)	uneben, rauh, splittrig	hellgrau melirt	2,649	2,662	0,995	—	—
38	Granit	Sachsen; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körniges Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit)	unregelmäßig, rauh	grau melirt	2,636	2,683	0,982	—	—
2. Horn-										
39	Syenit (?)	Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-körniges Aggregat (mittelkörnig) von dunkelgrüner bis schwarzer Hornblende und hellem Orthoklas als leitenden Mineralien	flachmuschelig, scharfkantig	grünlich schwarzgrau	2,810	2,857	0,984	0,3	0,4
40	Diabas (Angeblich obere Schichten des neu eröffneten Bruches)	Gemarkung Steinsbach Rupbachthal Reg.-Bez. Wiesbaden; Besitzer: Gesellschaft Rupbachthaler Diabaswerke (vergl. die Anmerkungen)	Gleichförmig krystallinisch, feinkörnig, durchsetzt von kleinen Schwefelkies-einsprenglingen	uneben, rauh, scharfkantig, etwas splittrig	grünlich dunkelgrau	2,924	2,950	0,991	0,4	0,4
41	Diabas	Pfaffenklöpfe u. Harmsberg im Bodethal bei Neuwerk i. Harz; Station Rübeland; Bes.: Diabas-Steinbrüche Neuwerk, Akt.-Ges. Neuwerk bei Rübeland	Krystallinisch-körnig (mittel- bis grobkörnig) porphyrisch	uneben, rauh, scharfkantig	grünlich dunkelgrau (gesprenkelt)	2,924	2,952	0,991	0,0	0,0
42	Hornblende (Diorit)	Ursprungsangabe nicht gestattet	Krystallinisch-grobkörnig; mit vereinzelten kleinen Schwefelkieskryställchen durchsetzt	uneben, scharfkantig, etwas splittrig	grünlich dunkelgrau, weiß gesprenkelt	3,026	3,033	0,998	0,0	0,0
3.										
43	Gabbro	Schürfung zum Zwecke ev. Anlage eines Steinbruches zur Gewinnung von Straßenbaumaterial an der westlichen Thalwand des Eckerthales in der Nähe des Molkenhauses im Harz; Bruchbetrieb noch nicht eröffnet	Gleichförmig dicht, krystallinisch	rauh, uneben	grau	2,986	2,996	0,997	0,0	0,0

11.		12.	13.	14.	15	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
Druckfestigkeit geprüft.														
—	—	—	—	—	—	I.	5,03	3,30	4,18	2,32	14,83	6,0	Bausteine (Brücken, Sockel, Stufen (u. s. w.)	—
						II.	4,82	3,20	4,15	3,75	15,92			
—	—	—	—	—	—	I.	4,9	4,3	3,3	4,2	16,7	6,6	—	—
						II.	4,1	5,1	4,7	4,1	18,0			
—	—	—	—	—	—	I.	4,0	5,7	5,0	3,9	18,6	7,2	—	—
						II.	5,0	4,9	4,8	4,9	19,6			
—	—	—	—	—	—	I.	5,5	4,6	4,6	4,2	18,9	7,2	—	—
						II.	6,3	5,0	3,4	4,4	19,1			
blendegesteine.														
4	16	0,194	2216 **1701** 1531	2062 **1818** 1531	2031 **1715** 1439	I.	12,60	12,45	12,95	12,80	50,8	17,9	Pflastersteine	—
						II.	13,15	12,25	11,60	12,60	49,60			
4	16	0,184	2462 **2162** 1623	2120 **1728** 1467	1996 **1697** 1311	I.	6,3	7,0	6,0	6,9	26,2	9,4	Pflastersteine und Schotter	—
						II.	6,7	7,4	7,0	7,5	28,6			
4	16	0,179	2508 **2389** 1391	2351 **2178** 2083	2398 **2142** 1800	I.	5,0	5,0	5,2	5,4	20,6	6,8	Pflastersteine und Schotter	—
						II.	4,2	4,8	4,8	5,3	19,1			
4	15,8	0,188	2651 **2391** 2162	2635 **2321** 1611	2493 **2125** 1769	I.	6,5	5,1	4,5	4,3	20,4	6,9	—	—
						II.	6,9	4,4	4,6	5,7	21,6			
Ophiolite.														
4	16	0,191	3567 **2841** 2278	3167 **2552** 2020	2931 **2608** 2244	I.	6,5	4,0	3,5	3,8	17,8	6,1	Bau der Staatsstraßen im Bezirk der Herzogl. Kreis-Wegebauinspektion Wolfenbüttel	Noch nicht
						II.	6,3	3,7	3,8	4,8	18,6			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
										4.
44	Porphyr	Schmalwassergrund b. Dietharz i./Thür; die erst anzulegenden Steinbrüche liegen auf dem Grund und Boden der Herzogl. Domäne und werden nur im Interesse des beabsichtigten Thalsperrenbaues gestattet; Antr.: Verwaltung der städtischen Wasserleitung und Entwässerung zu Gotha	Krystallinisch-körnig bis porphyrisch kleinzellig, porös; der Feldspath ist stark verwittert (kaolinisirt)	uneben, matt, rauh, etwas erdig	hellgrau	2,192	2,595	0,845	3,8	5,1
45	Porphyr		Krystallinisch-körnig bis porphyrisch, löcherig porös, durchsetzt von kleineren und größeren Quarzdrusen; der Feldspath ist stark verwittert (kaolinisirt)	uneben, matt, rauh	röthlich grau	2,326	2,586	0,899	2,6	3,0
46	Porphyr		Krystallinisch-körnig bis porphyrisch, etwas kleinzellig porös mit ziemlich stark vorgeschrittener Verwitterung; Kaolinisirung des Feldspathes	uneben, matt, rauh	röthlich grau	2,346	2,585	0,908	2,2	2,2
47	Quarzporphyr	Reinsdorf b. Landsberg (Bez. Halle) 2 km vom Bahnhof Landsberg, Berlin-Anhalter Bahn; Besitzer: Reinsdorfer Steinbrüche u. Schotterwerk, Th. Bieler, Rittergut Reinsdorf	In einer dichten kryptomorphen Grundmasse sind große Krystalle von Feldspath u. Quarz ausgeschieden	uneben, etwas splittrig	röthlich grau	2,591	2,622	0,988	0,2	0,2
48	Quarzporphyr	Spielberg bei Böhlitz i./S., Verladestation Kützschau (6 km), Ellenburg-Dübener Bahn	Krystallinisch-körnig bis porphyrisch (schwer zu bearbeiten, weil der Stein nicht absetzt)	uneben, scharfkantig, splittrig	grünlich grau	2,620	2,630	0,996	0,2	0,6
49	Porphyr	Röcknitz i./S.; die vor 6—8 Jahren erschlossenen Brüche am Frauenberge sind 1897 durch eine etwa 8 km lange normalspurige Förderbahn mit der Halle-Sorauer Staatsbahn verbunden	Porphyrisch; in einer gleichartig dichten kryptomorphen Grundmasse sind größere Krystalle von Feldspath, Quarz und Glimmer (Biotit) eingebettet	unregelmäßig, rauh	grünlich dunkelgrau, weiß gesprenkelt	2,572	2,621	0,981	0,3	0,3
50	Porphyr	Porphyrwerk Weinheim i./B., Herpel, Wilhelm & Hildebrand, Felskegel von etwa 500 m Durchmesser inmitten des sogen. Warzenberges b. Weinheim i./B.; Ausläufer eines mächtigen Porphyrgebirgsstockes bei Schriesheim, Altenbach u. Dossenheim (Westabhang des Odenwaldes)	In einer dichten felsitischen Grundmasse sind größere Krystalle von Feldspath und Quarz ausgeschieden	uneben, muschlig	röthlich grau	Die eingesandten Blöcke hatten sehr unregelmäßige Form und spalteten leicht, so daß das Schneiden der Würfel mit Schwierigkeiten verknüpft war und die Würfel nicht alle mit scharfen Kanten und Ecken hergestellt werden konnten				
51	Quarzporphyr	Beutengrund, Kreis Neurode, 25 Minuten von Station Königswalde; Vorkommen in unzusammenhängenden Blöcken	Porphyrisch; in einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse liegen zahlreiche größere Krystalleinsprenglinge eingebettet	scharfkantig, rauh, etwas muschlig	bräunlich grau	2,552	2,589	0,986	0,9	1,3

[1]) Die Probe spaltete plötzlich in diagonaler Richtung.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche								
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche	Gewicht des getrockneten Würfels	trocken	wassersatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm	Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g							
cm	qcm	kg										ccm		
Porphyre.														
4	16	0,139	1505 **1278** 1103	1180 **920** 647	1521 **1111** 840	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Bausteine für die Thalsperre im Schmalwassergrund bei Dietharz i./Th.	Brüche werden erst angelegt. Ausbeutung für Privatzwecke ist so gut wie ausgeschlossen
4	16	0,147	2602 **1762** 1204	2080 **1520** 1004	2648 **1837** 758	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	wie oben	wie oben
4	16	0,146	2168 **1996** 1639	2262 **1936** 1390	2643 **1892** 1531	I. II	— —	— –	— —	— —	— —	—	wie oben	wie oben
4	16	0,177	2848 **2177** 1677	2927 **2176** 1867	2595 **2193** 1804	I. II.	3,95 4,05	4,05 4,20	3,95 4,00	4,00 3,95	15,95 16,20	6,25	Plastersteine, Bordsteine, Bausteine, Eisenbahn- und Chausseeschotter	Im Bernburger, Dessauer, Zerbster, Delitzscher und Saalkreise, in Thüringen u. in der Umgeb. von Berlin
4	16	0,165	3311 **3006** 2651	3091 **2866** 2083[1])	3280 **3137** 2971	I. II.	4,7 5,1	4,6 4,9	2,5 4,1	2,9 2,7	14,7 16,8	6,0	Plastersteine, Kleinschlag	Straßen mit schwerem Verkehr in der Provinz Sachsen und Brandenburg
4,2	17	0,187	3596 **3041** 2790	3523 **2981** 2153	3280 **2710** 2017	I. II.	3,5 3,6	2,1 2,6	2,9 2,6	2,6 2,2	11,1 11,0	4,3	Pflastersteine und Wegebau	Städt. Behörden Halle, Dessau, Berlin, Magdeburg, Frankfurt a. O., Leipzig, Dresden. Eisenbahndirektion Halle-Berlin
5	25	0,345	3836 **3070** 1788	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Straßenschotter, der maschinell gebrochen und auf Cylindersieben mit gelochten Blechen abgesiebt wird; Pflastersteine 2. Klasse	Baden und Württemberg
4	16	0,166	3482 **3140** 2851	3096 **2824** 2618	2782 **2691** 2493	I. II.	5,5 3,5	4,2 3,6	3,2 2,4	2,6 3,0	15,5 12,5	5,5	Pflastersteine u. Kleinschlag	Prov. Schlesien, Posen, Westpreußen

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
52	Porphyr	Porphyrwerk Weinheim i./B.; vergl. lfd. Nr 50	In einer gleichartig dichten, harten, kryptomorphen, röthlichen Grundmasse sind größere Einsprenglinge von Feldspath (Orthoklas) und Quarz eingebettet	scharfkantig, muschlig, splittrig	röthlich grau	2,477	2,656	0,933	—	—
53	Schwarzer Porphyr, gelagert in Blöcken zwischen Kalkstein-Gebirge	Angaben können nicht gemacht werden, da über den etwa 100 000 cbm umfassenden Bruch Erwerbsverhandlungen schweben	—	—	blaugrau	—	—	—	—	—
54	Melaphyr	Rheinprovinz; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet wegen geringer Festigkeit	porös	rauh, uneben	röthlich braun	2,453	2,636	0,931	1,6	2,0
55	Melaphyr	Medard (Bahnstation)	—	—	dunkelgrau	—	—	—	—	—
56	Melaphyr (Diabas?)	Steinbruch an der Rappbode bei Hasselfelde im Harz; Verladestation Rübeland	Das Material ließ sich auf der Diamantgattersäge glatt, aber nur langsam, auf der Diamantkreissäge sehr gut schneiden		grünlich grau	—	—	—	—	—
57	Dunkelblauer sächsischer Melaphyr, auch Schwarzer Porphyr	Hengstbergbruch zu Hohnstädt bei Grimma (3 km); durch Zweiggeleis mit der neuen Bahn Brandis-Selingstädt verbunden	Krystallinisch-körnig bis porphyrisch (leicht zu bearbeiten, weil der Stein gut absetzt)	uneben, scharfkantig, splittrig	grauschwarz	2,667	2,683	0,994	0,1	0,5
58	Melaphyr	Wildschütz bei Mockrehna; Verladestation Mockrehna	Porphyrisch; in einer grauen, harten, gleichartig dichten Grundmasse sind zahlreiche größere Krystalle von Feldspath und Quarz ausgeschieden	unregelmäßig, scharfkantig	grau, gesprenkelt	2,579	2,614	0,987	0,3	0,3
59	Melaphyr	Nahe Neustadt am Rennsteig, ca. 4 km vom Bahnhof Neustadt-Gillersdorf der Eisenbahn Ilmenau-Groß-Breitenbach	Gleichförmig, porphyrisch	flachmuschlig, scharfkantig	grünlich grau, gesprenkelt	2,677	2,693	0,994	0,1	0,4
60	Melaphyr	Johannisberg bei Station Kirn a./Nahe	Gleichförmig dicht, mikrokrystallinisch	flachmuschlig, scharfkantig	bleigrau	2,738	2,753	0,995	—	—

*) Aus behauenen Würfeln hergerichtete Probestücke.

11.		12.	13.	14.	15	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch Nr.	Gewichtsverlust Arbeitsviertel 1	2	3	4	Gesammt-Gewichtsverlust	Verlust in ccm		
rund							g							
cm	qcm	kg												
4	16	0,164	5206 **3607** 2288	—	—	I. II.	2,6 2,5	2,4 2,5	2,4 2,3	2,4 2,1	9,8 9,4	3,9	Straßenschotter und Pflastersteine; vgl. lfd. Nr. 50	Baden und Württemberg
4	16	0,179	3876 **3685**[1]) 3410	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine in allen Formen	—
4	16	0,152	1884 **1668** 1410	1481 **1284** 1062	1487 **1110** 804	I. II.	5,1 7,0	5,8 5,0	6,9 7,1	6,3 4,8	24,1 23,9	9,75	Pflastersteine	—
5	25	0,323	2045 **1855** 1708	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine, Kleinschlag	Rheinprovinz, Hessen u. Pfalz
4	16	0,180	2431 **2080** 1871	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine in allen Formen: Würfel-, Reihen-, Kopfsteine und Bordschwellen	Nordharz und Umgeg. Preise frei Rübeland: Würfelsteine 8 M., Reihensteine 6 M., Kopfsteine 7 M. f. 1qm rohe Steine 6 M. für 1 cbm
4	16	0,167	3348 **3018** 2849	3348 **2952** 2545	3092 **2609** 1965	I. II.	5,3 4,5	4,0 5,2	4,2 4,8	3,4 4,0	16,9 18,5	6,6	Pflastersteine, Kleinschlag	Provinz und Königr. Sachsen und Thüringen
4	16	0,172	3378 **3278** 1820	2962 **2694** 2421	3474 **2846** 2419	I. II	3,25 3,15	5,05 3,30	3,40 3,25	3,25 3,50	14,95 13,20	5,45	Pflastersteine, Bordsteine, Bausteine (Säulen, Sohlen und Platten), Schotter	1897 in Dessau, Leipzig, Crimmitschau, Torgau Halle, Gemeind. Kl. Wittenberg, Züllsdorf und Raundorf
4,1	17	0,179	4250 **3734** 2860	4233 **3492** 3102	4329 **3190** 2676	I. II.	2,5 2,7	3,2 3,3	2,6 2,5	3,1 2,6	11,4 11,1	4,2	Pflastersteine und Kleinschlag	Staatsstraßen im Fürstenthum Schwarzburg-Sondershausen (Arnstadt)
4	16	0,184	5106 **4514** 3863	—	—	I. II.	3,6 3,0	4,0 4,7	3,7 2,5	3,7 3,8	15,0 14,0	5,4	Pflastersteine, Kleinschlag	Rheinprovinz, Hessen u. Pfalz

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
	5. Trachyt-									
61	**Phonolith** aus dem Stumpf eines längst erloschenen Kraters, in dessen Massen sich Adern und Kugeln aus Basalt und Phonolith von wechselnder Mächtigkeit finden	Kaiserstuhl; Phonolithwerk Oberrothweil a. Kaiserstuhl; Besitzer: Herpel, Wilhelm und Hildebrand in Rothweil a. K.	Gleichförmig dicht; in mikrokrystallinischer Grundmasse sind größ. Krystalle von glasigem Feldspath (Sanidin) und Hornblende porphyrisch ausgeschieden	scharfkantig, flachmuschlig, etwas splittrig	grau	2,444	2,543	0,961	0,1	0,2
62	**Phonolith,** angeblich von derselben Fundstelle wie unter Nr. 61	Rothweil am Kaiserstuhl (Baden); Besitzer: Herpel, Wilhelm und Hildebrand in Rothweil a. K.	Porphyrisch; in einer kryptomorphen Grundmasse liegen größere Krystallindividuen eingebettet	muschlig, splittrig, scharfkantig, ziemlich glatt	grau	2,520	2,575	0,979	—	—
63	**Phonolith,** obere Schichten[1])	Gemarkung Ruppsroth nächst Station Milseburg der Eisenbahn Fulda-Tann; Besitzer: F. C. Rüdling, Milseburg	Gleichförmig mikrokrystallinisch; in kryptokrystallin. Grundmasse liegen größere Krystalle von glasigem Feldspath (Sanidin) vereinzelt eingestreut	unregelmäß., rauh, etwas splittrig	grünlich, dunkelgrau	2,537	2,567	0,988	—	—
64	**Phonolith**[2])	Gemarkung Milseburg i. d. Rhön, Station der Eisenbahn Fulda-Tann; Besitzer: F. C. Rüdling, Milseburg	Gleichförmig mikrokrystallinisch; in kryptokrystallin. Grundmasse liegen größere Krystalle von glasigem Feldspath (Sanidin) porphyrartig eingestreut	unregelmäß., splittrig bis blättrig	grünlich, grau, gesprenkelt	2,517	2,549	0,987	—	—
65	**Phonolith** in Blöcken (Findlingen) auf den sog. Huten und in den Wäldern	Gemarkung Steinbach, Station Milseburg der Fulda-Tanner Nebenbahn	Gleichförmig dicht, kryptomorph	unregelmäß., rauh, scharfkantig, splittrig	grünlich, dunkelgrau	2,526	2,563	0,986	—	—
	6. Augit-									
66	**Basalt** in stehenden Platten von 2—50 cm Stärke bis 10 m Höhe	Billstein, Gemarkung Ropperhausen, R.-B. Cassel, 6,5 km v. Bahnstation Frielendorf	Kryptokrystallinisch	muschlig, splittrig, scharfkantig; mit Diamantwerkzeugen leicht zu bearbeiten	grauschwarz	2,957	2,959	0,999	0,0	0,0
67	**Basalt**	Wernswig, Bahnstat. Homberg, Reg.-Bez. Cassel	—	—	schwarzgrau	—	—	—	—	—
68	**Basalt**	Watzenhahn bei Willmenrod; Basaltindust. Limburg a. Lahn	Kryptokrystallinisch mit größeren Individuen und Agregaten von Augit u. Olivid, letztere zum Theil in etwas verwittertem Zustande auf den stellenweise das Gestein durchsetzenden Zerklüftungsflächen	uneben bis flachmuschl., scharfkantig	grauschwarz	2,942	2,961	0,994	0,7	0,7

[1]) Das Gestein ist von einer stellenweise mehrere mm dicken Verwitterungsrinde umhüllt.

[2]) Das Gestein ist von einer mehrere mm dicken Verwitterungsschicht umhüllt und zeigt ausgesprochene Schieferstruktur mit mehr

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch Nr.	Gewichtsverlust Arbeitsviertel 1	2	3	4	Gesammt-Gewichtsverlust	Verlust in ccm		
rund							g							
cm	qcm	kg												
gesteine.														
4	16	0,171	3426 **2857** 2182	3301 **2599** 1871	3115 **2452** 1529	I. II.	6,6 6,2	6,3 6,2	6,4 5,9	6,3 6,7	25,6 25,0	10,35	Blöcke zu Uferbauten, Pflastersteine, Straßenschotter	Der Bruch ist erst kürzlich in Betrieb genommen
4	16,3	0,163	3790 **3381** 2783	—	—	I. II.	4,6 4,5	4,0 4,5	4,2 4,9	4,2 4,2	17,0 18,1	7,0	Schotter; Blöcke zu Uferbauten; Pflastersteine	Das Schotterwerk ist erst Anfang 1898 in Betrieb gekommen
4	16	0,178	3644 **2662** 1706	Unregelmäßige Schotterstücke, im wassersatten Zustande 25 Mal hintereinander gefroren und wieder aufgethaut, zeigten sich unverändert		I. II.	6,2 5,0	5,2 4,4	5,8 5,3	5,7 5,0	22,9 19,7	8,4	Fundament- und Sockelmauerwerk 1890 für Tunnels u. Brücken (Preis für 1 cbm 3,50—4,00 M.); Bettungsmat. (Pr. f. 1 cbm 3,50 M.)	Bei Eisenbahnbauten zu den Strecken Fulda-Bebra, Fulda-Gersfeld, Fulda-Tann
4	16	0,182	4600 **3782** 2512	wie oben		I. II.	4,0 4,5	4,3 4,1	3,9 4,6	4,2 3,9	16,4 17,1	6,65		
4,2	17	0,190	5321 **4056** 3241	—	—	I. II.	2,5 1,9	3,0 2,5	2,3 1,8	2,0 2,4	9,8 8,6	3,65	Bettungsmaterial für Eisenbahngeleise	Eisenbahnbauinspektion II Fulda seit zehn Jahren
gesteine.														
4	16	0,186	2711 **3152** 3737	2928 **3285** 3581	2773 **3485** 3985	I. II.	7,4 7,9	6,1 7,3	6,0 5,9	3,4 6,0	22,9 27,1	8,5	Pflasterstein; in nächster Nähe des Bruches Mauerstein	Bruch erst kürzlich angelegt
4,2	17,6	0,212	3636 **3251** 2528	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine und Kleinschlag	Bremen, Cassel, Hannover u. s. w.
4	16	0,197	4144 **3477** 2713	3988 **2960** 2431	3350 **2786** 2150	I. II.	6,0 6,5	6,0 5,0	5,0 6,3	5,5 5,5	22,5 23,3	7,75	—	—

oder weniger stark angewitterten, rostfarbigen Spaltungsflächen.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach 24 Stunden	Wasseraufnahme nach 125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
69	Basalt	Von Belgien eingereicht; Ursprung unbekannt	Feinkörnig, krystallinisch	flachmuschlig	graugrün	2,642	2,671	0,989	0,5	0,5
70	Basalt	Dollendorfer Hardt, Eisenbahnstation und Schiffsladeplatz Niederdollendorf a. Rh.	Porphyrisch; in einer homogenen, kryptomorphen Grundmasse sind gröbere Mineraleinsprenglinge (Olivin, Augit) ausgeschieden	unregelmäßig splittrig; im Großen flachmuschlig	grauschwarz	2,985	3,019	0,989	0,0	0,1
71	Basalt; Handelsbezeichn.: Orber Basalt	Hoheberg b. Orb b. Gelnhausen; nach Erbauung der normalspurigen Eisenbahn Wächtersbach–Orb wird Orb die nächste Bahnstation; Antr.: Bering & Wächter, Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Gesellschaft, Berlin	Dicht (mikrokrystallin.) mit unregelmäßig eingebetteten porphyrisch. Krystallausscheidungen (Individuen u. Aggregate von Olivin)	scharfkantig, splittrig, flachmuschlig	grauschwarz	2,929	2,934	0,998	—	—
72	Säulenbasalt mit Einsprengungen größerer Parthien Kugelbasalt in geschlossenen Felsen	Sproitz O.-L., durch 5 km Anschlußgeleis mit Station Mücha O.-L. der Kohlfurt-Falkenberger-Eisenb. verbunden; Besitzer: Sproitzer-Steinbruch-Aktien-Gesellschaft, Berlin	In einer gleichförmig derben, scheinbar dichten homogenen Grundmasse sind größere Mineralindividuen von Augit und Olivin porphyr. ausgeschieden; der Olivin tritt außerdem stellenweise noch in größeren Anhäufungen — sogen. Olivinknollen — auf	matt, splittrig, im Großen flachmuschlig	schwarz	3,034	3,081	0,985	0,0	0,0
73	Säulenbasalt, Handelsbezeichn.: Säulenbasalt-Klarschlag oder grober Säulenbasalt	Berg Debus bei Praskowitz in Böhmen	Gleichförmig dicht durchsetzt mit größeren und kleineren isolirt liegenden porphyrisch. Krystallausscheidungen	matt, scharfkantig, splittrig, im Großen flachmuschlig	grauschwarz	3,060	3,075	0,995	0,7	0,7
74	Säulenbasalt	Steinbühl bei Heckholzhausen, Minderberg b. Linz a. Rh., Basalt-Aktien-Gesellschaft Linz a. Rh.	—	—	schwarz	—	—	—	—	—
75	Säulenbasalt	Versandt größtentheils auf dem Wasserwege, theilweise vom Staatsbahnhofe Linz aus	—	—	schwarz	—	—	—	—	—

[1]) Nach dem Gefrieren der wassersatten Würfel wieder getrocknete Proben ergaben 4156 kg/qcm mittlere Druckfestigkeit.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
4	16	0,177	4094 **3666** 3156	2813 **2566** 2219	2969 **2764** 2531	I. II.	3,97 4,35	3,56 3,57	3,17 3,60	3,17 2,82	13,87 14,34	5,3	—	—
4	16	0,196	4918 **3788** 3239	5260 **4169** 3177	5260 **3883**[1]) 2773	I. II.	5,1 5,1	5,3 5,1	5,4 5,3	5,2 5,3	21,0 20,8	7,0	Bossirte Verblendschichtsteine bei Ufermauern, Trottoir-Bordsteine, Senksteine für Wasserbauten Abfall (Krotzen und Schrott) für Wegebau	Nähe von Bonn, Köln-Rippes, Holland
4	16	0,192	4579 **3961** 2725	—	—	I. II.	4,8 4,9	3,0 3,3	4,2 4,6	3,5 3,0	15,5 15,8	5,4	Pflastersteine und Schotter	—
4,1	16,5	0,211	5307 **4081** 2350	4445 **3210** 2348	4940 **3684** 2060	I. II.	4,30 4,35	4,05 4,35	4,40 4,30	4,05 4,50	16,80 17,50	5,65	Vorwiegend Eisenbahnkleinschlag, Chausseeschotter	Eisenbahndirekt. Berlin, Halle a. S., Erfurt, Breslau
4	16	0,201	5416 **5071** 4576	5664 **5005** 4608	5416 **4946** 4483	I. II.	5,4 4,8	2,7 2,5	1,4 2,9	2,8 2,8	12,3 13,0	4,1	Ausschließlich Chausseebau; besondere Bearbeitung für andere Verwerthung unthunl.	Städte u. Baukreise an schiffbaren, mit der Elbe in Verbindung stehenden Flußläufen
4,2	17,2	0,223	5814 **5283** 4884	—	—	I. II.	—	—	—	—	—	—	Wasserbauten (Werftmauern, Böschungsmauern, Buhnen, Schleusenmauern u. s. w.), Abfall für Straßen- u. Eisenbahnschotter	—
4,2	17,6	0,224	5681 **5869** 4711	—	—	I. II.	—	—	—	—	—	—		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s
Basalte, welche nicht auf								
76	Basalt in Blöcken von 1—3 cbm, die leicht spaltbar sind; Mächtigkeit 6—10 m	Pohlwitz bei Jauer (Schlesien), 8 km von Station Zacker	Normale Basaltstruktur: dicht amorphe Grundmasse von grauschwarzer Farbe mit zahlreich eingestreuten Olivinkörnern	Der Basalt zeigt bereits in Verwitterung begriffene Stellen, welche charakterisirt sind durch mattere Bruchflächen mit durch beginnende Verwitterung gelb bis braunroth gefärbten Olivinkörnern		2,986	3,024	0,987
77	Basalt	Kolskau, Kr. Liegnitz, 12 km von Station Lohnig (Striegau—Maltsch)				2,998	3,087	0,971

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach 24 Stunden	Wasseraufnahme nach 125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
B. Geschichtete										
1. Thon-										
78	Thonschiefer	An der Heilenbecker Thalsperre b. Milspe; Thalsperren-Genossenschaft Heilenbecke im Kreise Schwelm	Dicht, amorph; durchsetzt mit zahlreichen Spaltenrissen und braunen eisenschüssigen Adern	splittrig, muschlig, Hauptspaltbarkeit parallel der Schichtung	grünlichgrau	2,615	2,727	0,959	0,6	0,8
79	Thonschiefer	Aubachthal, Seitenthal des Windbaches, 10 km von Neuwied	Ziemlich gleichmäßig dicht	uneben, blättrig	fleckig; grünlichgraue, blauschwarze u. rostbraune Stellen wechseln unregelmäßig mit einander ab	2,633	2,762	0,953	0,3	0,3
80	Glimmerschiefer (metamorphosirt)	Nähe des Moltkefelsens im Riesengebirge	Krystallinisch-körnig, ungleichförmig, mit in Verwitterung übergegangenen Kluftflächen	uneben, rauh, splittrig,	grünlich- bis bräunlichgrau	2,780	2,806	0,991	0,5	0,5
			Seiner ungleichmäßigen Härte wegen war das Material sowohl auf der Diamantgattersäge als auf der Diamantkreissäge schwer zu bearbeiten							

[1]) Druckfestigkeit parallel zum Lager 1489 — 1116 — 623.

10.		11.						12.	13.	14.
Wasseraufnahme nach		Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche								
		Versuch	Gewichtsverlust				Verlust in	Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?	Bemerkungen
			Arbeitsviertel			Gesammt-Gewichtsverlust				
24 Stunden	125 Stunden (satt)		1	2	3	4				
Gewichtsprozent		Nr.	g				ccm			
Festigkeit geprüft wurden.										
0,0	0,0	I.	4,4	4,8	4,1	4,3	17,6	5,55	Straßenbau; seiner Struktur nach ist der Basalt nur als Steinschlag f. Chausseen und zur Unterbettung von Eisenbahnschienen oder zu Beton zu verwenden	In näherer Umgebung der Brüche; 1 cbm kostet mit Brecherlohn 1,80 bis 2,00 M.	Das Gestein wurde in unregelmäßigen, etwa 1 bis 2 kg schweren Stücken 25 Mal hintereinander einer Frostbeanspruchung von — 12 C° unterworfen und in Wasser von Zimmerwärme wieder aufgethaut; dabei wurden zahlreiche feine Splitter abgesprengt
		II.	4,3	3,3	4,1	3,7	15,4			
0,0	0,0	I.	4,5	4,1	3,5	3,1	15,2	5,8		
		II.	4,8	5,0	5,0	4,8	19,6			

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
rund							1	2	3	4				
cm	qcm	kg				Nr.	g					ccm		
Gesteine.														
schiefer.														
4	16	0,179	1482	1331	2442	I.	—	—	—	—	—	—	Der Bruch ist zum Zweck des Baues einer Sperrmauer neu angelegt und wird nach Vollendung der Mauer vorläufig nicht weiter benutzt	
			969[1])	923	1780									
			499	640	943	II.	—	—	-	—	—			
6	36	0,570	1308	852	852	I.	—	—	—	—	—	—	Der Stein soll zum Bau einer Thalsperre im Aubachthale verwendet werden, für welche er Bedeutung hat, weil er unmittelbar an der Baustelle vorkommt, wo das ganze Gebirge aus gleichem Material besteht	
			1082	687	672									
			859	541	341	II.	—	—	—	—	—			
4	16	0,178	1871	1343	1483	I.	13,5	9,5	6,0	8,7	37,7	15,7	Kleinschlag; gleichen oder anderen Zwecken hat der Stein bis jetzt noch nicht gedient	Soll beim Bau der Bahn Petersdorf-Ober-Polaun entnommen und als Bettungsmaterial verwendet werden
			1597	1164	1001									
			1125	649	590	II.	22,4	14,0	8,5	4,6	49,5			

(Vergl. die Anmerkung)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Spezifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
										2.
81	Speckstein, gen. Kleberstein	Nähe der Eisenbahnstation Otta in dem Gudbrandsthal (Norwegen)	—	—	grau	—	—	—	0,5	0,5
										3. Kalksteine
82	Weißer Marmor (Marmor von Synnada	Eski-Karahissar, einige Kilom. seitwärts der Anatolischen Bahnstation Afium-Karahissar in Kleinasien (das alte Dokimeion)	Feinkörnig-krystallinisch	flachmuschlig bis splittrig, scharfkantig	weiß, durchscheinend	2,695	2,708	0,995	0,2	0,2
			Das Material läßt sich auf beiden Diamantsägen leicht bearbeiten							
83	Weißer Marmor	Pentelikon, nordöstlich von Athen; General-Vertrieb Perino & Co., Berlin	Krystallinisch-feinkörnig mit sehr vereinzelten kleinen Schwefelkies-einsprenglingen	uneben, glänzend, flachmuschlig bis splittrig	schneeweiß	2,699	2,714	0,994	0,2	0,2
										4. Kalk-
84	Kalkstein, gen. Lothringer Jaumont-Kalkst.; Schichten von 0,5 bis 1,5 m Höhe und 2—5 m Mächtigkeit	Gemeindewald von Montois la Montagne, 2 km von Bahnstation Groß Moyencre (Ausläufer d. lothringischen Gebirgszuges nach dem Flüßchen Orne, Grenze zwischen Frankreich und Deutschland)	Nach Angabe des Besitzers bearbeitet sich der frisch gewonnene Stein leicht und erhärtet stark an der Luft; die Gewinnung geschieht durch Abstoßen mit Keilen und ebensolches Spalten; Platten werden auf einer Stahlbandsäge geschnitten			1,945	2,715	0,716	7,4	10,8
85	Kalkstein	Nähe von Metz	—	—	hellgrau	—	—	—	—	—
86	Kalkstein	Abbruch des alten Gauthores in Mainz; Ende d. 17. Jahrh. aus den Steinen Bekleidung der Eskarpen und Contreskarpen	—	—	grau bis gelblichgrau	—	—	—	—	—

[1]) Die Zerstörung der Körper trat ohne vorhergehende Rißbildung in der Richtung der Diagonalebene der Würfel ein. [2]) Druck

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
Talk.														
10	100	2,952	161,0 [1])	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Bauzwecke, speziell ornamentirte und reich profilirte Stücke	Der Feuerfestigkeit wegen vielfach verwendet zu Schmelzöfen, Bäckeröfen und zu chemischen Zwecken; mehrere alte Kirchen, z. B. Domkirche in Drontheim
			141,0			II.	—	—	—	—	—			
			118,0											
(kryſtalliniſch).														
5	25	0,333	889	740	889	I.	26,8	29,8	23,5	23,4	—	38,8	Vergl. die Anmerkung	
			989	**964**	**1008**									
			1078	1088	1128	II.	26,4	30,0	24,4	24,8	—			
5,8	26	0,334	1356	1324	1322	I.	25,4	27,8	24,9	29,5	107,6	37,9	Architekturtheile, Denkmäler, Platten	Bis zum Sturze des römischen Reiches zahlreiche griechische und römische Monumentalbauten; seit 1836 wieder Werksteine u. s. w. zu öffentlichen Bauten in Athen: Königl. Schloß, Bibliothek, Universität, Akademie u. s. w.
			1270	**1218**	**1196**									
			1186	1083	1049	II.	27,3	23,9	21,5	23,8	96,5			
ſteine (dicht).														
6	36	—	366	186	256	I.	42,1	18,9	13,3	28,6	102,9	56,9	Bau- und Bildhauerzwecke	St. Segolena-Pfarrkirche in Metz, Privatbauten in Metz und Umgebung. Aus dem gleichen Gestein, 4—5 km entfernt, sind die meisten historischen Bauwerke Lothringens von frühromanischer Zeit an hergestellt, u. a. auch der Metzer Dom
			204[2])	**138**	**159**									
			128	103	83	II.	19,0	47,7	27,8	23,9	118,4			
5	24,6	0,299	703	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	—	—
			610											
			518			II.	—	—	—	—	—			
6	36	0,526	1197	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Chausseeschotter, Bekleidungsmauerwerk	Festung Mainz
			674											
			308			II.	—	—	—	—	—			

trocken in der Spaltrichtung 208 — 181 — 149.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach 24 Stunden	Wasseraufnahme nach 125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
87	Mergelkalk	Herstellung des Kanalschlauchs im Einschnitte nördlich von Riesenbeck (Bahnstation Hörstel)	Gleichmäßig dicht	scharfkantig, muschlig, splittrig	hellgrau	2,515	2,702	0,931	2,2	2,4
88	Muschelkalk	Pogorzce, 3 km von Station Chrzanow (Galizien), 24 km von Myslowitz; 10 m mächtig in geschichteten Lagern	Vorherrschend gleichmäßig dicht, mit vereinzelten mehr oder weniger großen Hohlräumen und zellig porösen Stellen	muschlig, splittrig	hell, gelblichweiß	2,460	2,840	0,866	2,7	3,0
89	Kalkstein	Hansdorf b. Pakosch, Prov. Posen, Station Pakosch; Bänke stark verworfen, oft über 2 m mächtig	Ungleichmäßig kryptokristallinisch; durchsetzt von Versteinerungen und Einsprenglingen von Quarz u. Schwefelkies, letztere in Form von Einzelkristallen, Adern und Nestern	flachmuschlig bis splittrig	hellgrau	2,564	2,747	0,933	1,7	2,1
90	Kalkstein, gen. Zechstein-Hornstein	Wutschenberg, Gemark. Großkamsdorf, Straße von Könitz resp. Zollhaus-Carlsdorf-Eichicht 25 Min. von Station Eichicht u. Unternellenborn, 35 Min. von Könitz; Bruch 32 Morgen groß, 12 m mächtig	Ziemlich gleichförmig, dicht; stellenweise durchsetzt von größeren und kleineren Drusen und Nestern aus kristallisirtem kohlensaurem Kalk	scharfkantig, muschlig	dunkelgrau	2,637	2,720	0,969	—	—
91	Kalkstein	Rittergut Oberrohn bei Tiefenort — Gestein aus 12 m Tiefe	Dicht bis kristallinisch feinkörnig	scharfkantig, muschlig, splittrig	gelblich, schmutziggrau	2,602	2,701	0,963	—	—
		Rittergut Oberrohn bei Tiefenort — Gestein aus 10 m Tiefe	Gleichförmig dicht	scharfkantig, muschlig	dunkelgrau	2,656	2,705	0,982	—	—

5.

92	Dolomit (gen. Kalkstein)	Zwischen Allendorf u. Schwarzburg, Kr. Königsee i. Thür., etwa 7 km von Bahnh. Oberrottenbach der Strecke Arnstadt-Saalfeld	Kristallinisch-körnig, stark löcherig porös	uneben, rauh, scharfkantig	schmutziggraubraun	2,225	2,707	0,822	2,5	3,0
93	Muschelkalk	Baustelle der Feste Kaiser Wilhelm II., Bahnstation Mutzig	Gleichförmig dicht bis kristallinisch	uneben, muschlig, splittrig, scharfkantig	grau	2,682	2,708	0,990	0,4	0,4
		Gesteinsbeschaffenheit nach Angabe des Antragstellers: Gelber, dickbankiger bis dünnschichtiger Dolomit mit Knauern von Quarz, Calcedon und Calcit								
94	Dolomitischer Kalkstein, Schichten von 10 bis 30 cm Mächtigkeit	500 m von Station Perl a. d. Mosel an der Bahnlinie Metz-Trier; Bes.: Möhrle, Montigny bei Metz	—	—	hellgrau	—	—	—	—	—

[1]) Druck trocken parallel zum Lager: 1776 — 1461 — 806. [2]) Druck nach Frostbeanspruchung, nachdem die Würfel wieder

11. Abmessungen: Seitenlänge des Würfels (rund) cm	11. Abmessungen: Gedrückte Fläche (rund) qcm	12. Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels kg	13. Druckfestigkeit kg/qcm: trocken	14. Druckfestigkeit kg/qcm: wassersatt	15. Druckfestigkeit kg/qcm: nach 25 maligem Gefrieren	16. Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche: Versuch Nr.	Gewichtsverlust g: Arbeitsviertel 1	2	3	4	Gesammt-Gewichtsverlust	16. Verlust in ccm	17. Verwendungszweck	18. Bereits verwendet Wo?
6	36	—	—	—	875 **726** 521	I.	15,7	13,2	15,0	14,8	58,7	23,95	Versuchsweise z. Uferbefestigung.; der hellgraue Stein, nicht aber der dunkelgraue ist zur Herstellung gebrannten Kalkes brauchbar	Nicht bewährt, weil nicht witterungsbeständig
						II.	16,7	14,2	15,4	15,5	61,8			
5	25	0,296	1136 **914** 772	1420 **1024** 620	1348 **1091** 952	I.	—	—	—	—	—	—	Bausteine für monumentale Bauten; der Abfall ist wegen Konkurrenz benachbarter Brüche nicht zu verwerthen	Restauration des alten Königsschlosses in Krakau; Kreuzbilder alter Zeit
						II.	—	—	—	—	—			
5,1	26	0,338	1137 **983** 742	1131 **848** 413	1500 **914** 766	I.	—	—	—	—	—	—	Kalkbrennerei im eigenen Betrieb; Zuckerfabriken d. Prov. Posen u. Westpreußen; Bauzwecke	—
						II.	—	—	—	—	—			
3,9	15,2	0,165	2232 **1774** 1135	—	—	I	—	—	—	—	—	—	Straßenbau, jährlich etwa 8000 cbm geliefert, p. cbm 6 Mk.	Herzogl. Altenburgische Straßenverwaltung, Stadt Gera, Eisenb.-Betr.-Insp. Gera, Jena, Saalfeld
						II.	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Kleinschlag	Für Eisenbahnzwecke
						II.	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	I.	—	—	—	—	—	—		
						II.	—	—	—	—	—			

Dolomite.

4	16	0,151	871 **704** 511	699 **499** 221	581 **428** 295	I.	26,3	23,2	27,5	27,9	104,9	45,5	Bauzwecke Nach Fertigstellung der Bahnstrecke Oberrottenbach-Königsee-Katzhütte wird der Absatz erleichtert	Bis jetzt in beschränktem Umfange
						II.	26,5	23,1	24,1	23,8	97,5			
4,1	17	0,193	1817 **1606**[1]) 1384	1933 **1585** 1272	1788 **1526**[2]) 1206	I.	18,70	17,00	17,10	17,45	70,25	25,15	Straßenbau	Straßenbeschottung in der Festung Straßburg
						II.	17,55	15,30	15,70	16,15	64,70			
3,93	15,4	0,170	2558 **2025** 1604	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Kalkfabrikation; Kleinschlag zu Betonzwecken u. Straßenmater., Zuschlag für Stahlwerke	Gegend von Trier, Fortifikation Metz
						II.	—	—	—	—	—			

[1]) getrocknet wurden: 1931 — 1611 — 1082.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
										6. Sand-
95	Sandstein, gen. Altheimer Oolithsandstein, bricht in Blättern bis 1 m Schichthöhe	Deutsch Altheim in Lothringen	Gleichförmig, feinkörnig	uneben, etwas erdig	weißgrau	2,060	2,708	0,761	8,3	8,8
96	Sandstein	Einschnitte bei Ausführung der Eisenbahn-Neubaustrecke Bingen-Münzthal	Gleichförmig, mittelkörnig; die etwa mohnkorngroßen Quarzkörnchen sind durch das eisenschüssige, kieselige Bindemittel nur verhältnißmäßig lose mit einander verkittet	unregelmäßig, erdig	roth	2,046	2,643	0,774	5,9	6,2
97	Sandstein	Herzogswaldau, Kreis Bunzlau, Bahnstation Siegersdorf; Felsen 30—40 m abbauwürdig, steht in Pfeilern	—	—	hellgrau	—	—	—	—	—
98	Sandstein, 3—4 m hohe Lagen ohne Stiche	Südlich Volkmarsen	—	—	röthlich grau	—	—	—	—	—
99	Sandstein	Oberlimberg, 3 km von Bahnstation Wallerfangen, Kr. Saarlouis	—	—	grau	—	—	—	—	—
100			Die Steine werden durch Abschroten und Heben (durch eiserne Keile) in Bänken von 1,0—2,5 m Breite und verschiedener Höhe gewonnen; Höhe des vorhandenen Steines 15—20 m; der Transport von den Steinbrüchen erfolgt durch eine Feldbahn und zwei Bremsberge bis zu dem in Wallerfangen befindlichen Lagerplatz; von hier aus werden die Steine zum größten Theil per Achse fortgebracht							
			—	—	rothbraun	—	—	—	—	—
101	Sandstein, unter wenig Abraum große Bänke geschlossenen Gesteines	Gemarkung Schönstadt, 9 km von Bahnhof Cölbe bei Marburg	Nach Angabe des den Kirchbau in Schönstadt leitenden Architekten hat d Stein mehr od. weniger Sandlöcher, hat sich aber gut verarbeiten lassen; er bricht gut lagenhaft, hat dabei aber keine hervortretende Schichtung		fleischfarben	Vermuthlich sind die Steine der aus romanischer Zeit stammenden alten Kirche in Schönstadt aus demselben Bruche, da sie die gleiche Farbe haben und ebenfalls Sandlöcher zeigen; diese alten Steine sind fest und wenig abgewittert				
102	Sandstein, angeblich identisch mit dem Material unter Nr. 10	Bruch bei Wolfhagen-Cassel	—	—	hellgrau	—	—	—	—	—
103	Sandstein	Alsenborn (Bahnstat. Enkenbach i. Pfalz); eine ganze Reihe sehr ausgedehnter Brüche ländlicher Besitzer	Gleichförmig feinkörnig	uneben, erdig	braunroth bis fleischfarbig	2,142	2,635	0,813	6,4	6,6

[1]) Kanten und Ecken des Würfels waren schwach abgerundet.

[2]) Die zehn dem Froste ausgesetzten Würfel verloren beim Aufthauen 27 g = 0,6 %, der Hauptmenge nach lose Quarzkörner neben

[3]) Auf Wunsch der Antragstellerin wurde die Prüfung, welche zur Information dienen sollte, an nur drei Würfeln ausgeführt.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche					Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
rund			trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren		1	2	3	4				
cm	qcm	kg				Nr.	g					ccm		
steine.														
6	36	0,453	294 **229** 182	228 **170** 143	180 **166** 148	I. II.	67,7 53,6	62,2 53,2	51,0 43,3	43,7 34,1	224,6 184,2	99,2	Baustein	Schon zu Römerzeiten an öffentlichen und Privatgebäuden verwendet
6	36	0,510	449 **276** 178	551 **372** 84[1])	507 **294**[2]) 136	I II.	20,6 15,2	19,6 20,3	15,4 23,2	17,0 22,2	72,6 80,9	37,5	Baustein zu Fundamenten und zur Hintermauerung	—
6	36	0,411	344 **318** 255	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Bildhauerarbeiten	—
6	36	0,425	416 **374** 355	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein namentlich bei Kirchbauten zu Gesimsen und Bildhauerarb.; der weiße Stein zu Figuren	Eisenbahnen (Westphälische, Hess. Nordbahn u. s. w.); hauptsächlich Westphalen; 1 cbm 25—40 Mk. pro Waggon Volkmarsen
6	36	0,407	483 **395** 306	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Wasserbauten, Brückenbauten, Hochbauten; Bildhauerzwecke	z. B. Festung Saarlouis
6	36	0,428	464 **410** 347	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
6	36	0,455	464 **424** 364	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein	Ländliche Gebäude in der Umgegend des Bruches; Kirchbau in Schönstadt
9,7	93,1	1,952	449 **427**[3]) 409	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Früher Fenster- und Thürgewände; Baustein	Verblendung einer Straßenbrücke im Zug der Wolfhagener Straße in Cassel-Unterstadt
6	36	0,462	467 **433** 380	400 **352** 282	420 **318** 262	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Architekturtheile von Außenfassaden	Den Rhein entlang bis Straßburg

einzelnen Sandsteinbrocken.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
104	Sandstein	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	—	—	grau, gelb geadert	—	—	—	—	—
105	Sandstein	Schützeberg bei Wolfhagen, Nebenbahn Volkmarsen-Cassel, 30 km von Cassel, zwischen Station Altenhasungen und Wolfhagen	Gleichförmig feinkörnig	uneben, rauh, etwas erdig	hellgrau, schwach durchsetzt von kleinen, rosfarbigen Punkten	2,049	2,648	0,774	6,0	6,6
106	Sandstein aus vier benachbarten Brüchen	Straße von Hetzbach nach Erbach, 10 Min von Bahnhof Hetzbach; Gewinnung leicht, da nur wenig Abraum und die Bruchsohle in Straßenhöhe	—	—	rothbraun	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—
107	Sandstein, Handelsbezeichnung: Otterberger hellrother Sandstein	Nahe Otterberg, 5 km von Station Lampertsmühle bei Kaiserslautern	Gleichförmig feinkörnig	uneben, rauh, etwas erdig (bröcklig)	blaßroth	2,140	2,715	0,788	5,3	5,4
108	Sandstein	Nicht bekannt	—	—	roth	—	—	—	—	—

[1]) Auf Grund besonderen Antrages geprüft, angeblich identisch mit Nr. 102.

[2]) Nur je ein Würfel aus verschiedenen, einander benachbarten Brüchen geprüft, da die Beschaffung weiteren Probematerials mit

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
rund							1	2	3	4				
cm	qcm	kg				Nr.	g					ccm		
6,2	38,0	0,479	552 457 373	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	—	—
6[1]) 6,2	36[1]) 38,9	0,447[1])	580 471[1]) 397	501 448 358	501 435 344	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein	Ruinen der alten Benediktinerabtei zu Hasungen, erbaut 1082
5,9	35	0,442	475[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein; große Blöcke bis 4 m Länge, 3 m Höhe	1892 freistehende Säulen der neuen Pfarrkirche in Dieburg; 1898 Säulen der neuen Apostelkirche in Biernheim
6,1	36,7	0,470	463[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
6,0	36,1	0,464	519[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
6,0	36,2	0,463	504[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
5,9	35,0	0,440	524[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
6,1	36,6	0,469	621[2])	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—		
6,1	36,7	0,466	507 484 457	440 388 331	454 414 350	I. II	23,5 26,9	25,6 32,7	26,6 21,7	19,8 16,4	95,5 97,7	45,2	Baustein (Lager bis 5 m hoch); Preis ab Station Lampertsmühle 25—27 Mk. pr cbm	Hafenbau Ludwigshafen a. Rh.; Uferbauten in Mannheim und Bingen; Schleusenbau im Main bei Frankfurt; Eisenbahn Hagenau-Röschwoog u. Waizen-Immendingen u. a.
7,1	50	0,752	645 507 360	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein	Kirchbau in Splicher (Eifel)

Schwierigkeiten verknüpft war.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad $\frac{r}{s}$	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
109	Sandstein	Altenweiher bei Poppenhausen (Rhöngebirge)	Das Material war auf der Diamantgattersäge leicht zu bearbeiten		grau mit braunrothen Adern	—	—	—	—	—
110	Sandstein, gen. rother Eifeler Sandstein, bricht in Höhen von etwa 2 m	Daufenbach i. d. Eifel	Gleichförmig feinkörnig	uneben, etwas erdig	röthlich grau	2,244	2,652	0,846	5,4	5,8
111[1]	Sandstein	Gemeinde Fels (Larochette), Sektion Eruzen, Luxemburg	(Gleichförmig feinkörnig	uneben, rauh, etwas erdig	gelblich grau	2,277	2,676	0,851	3,2	3,8)
112	Sandstein, Handelsbezeichnung: Vogesensandsteine; vergl. auch Nr. 115, 118 u. 123, s. Anmerkung	„Stangenwald", Gem. Apweiler, Kreis Zabern; Station Tieffenbach-Stouth d. Linie Saargemünd-Mommenheim, Schmalspurbahn zur Eisenbahn	Gleichförmig feinkörnig, fest	unregelmäßig, etwas erdig	fleischroth[2] (von Eisenoxyd röthlich gefärbt)	2,085	2,638	0,790	6,8	7,7
113	Sandstein	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	—	—	hellgrau	—	—	—	—	—
114	Sandstein, Handelsname: Magdeburger Steine; vergl. auch Nr. 121 andere Schicht	Ummendorf unweit Bahnhof Wefensleben	Der Steinbruch hat bis 2 m starke Bänke; der Felsen steht 15 m hoch, verarbeitet sich leicht im frischen Zustande und erhärtet bei längerem Lagern in der Witterung, so daß dann die Bearbeitung schwieriger wird; Preis des Rohmaterials 40—50 Mk. pro cbm			—	—	—	—	—
115	Sandstein, Handelsbezeichnung: Vogesensandstein oder Pfalzburgersteine; vergl. auch Nr. 112, 118 u. 123	Büst im Elsaß, 2 km unterhalb des südl. Endes des Zinselthales, oberhalb Graufthal, Canton Hinterwald an der Stirne eines Vogesenausläufers, etwa 2 Wegstunden von Pfalzburg; Abfuhr 12 km weit bis Station Dossenheim; auf 200—300 m Länge eröffnet	—.	—	röthlich braun	—	—	—	7,1	7,9
			Rothe und weiße Schichten wechseln ab mit einer Gesammthöhe von 10—20 m. Felsblöcke von 15 bis 20 m Länge, 4 m Breite und 2—2½ m Höhe werden abgeschrotet, mit Keilen gehoben und in beliebige Steine zerstoßen; der in unmittelbarer Nähe von Pfalzburg gewonnene eigentliche Pfalzburgerstein ist thonhaltiger und wird deshalb nicht zu Schleifsteinen verwendet							

[1]) Die in Klammern gesetzten Bestimmungen sind nachträglich zu einem neuen Antrage ausgeführt worden.

[2]) Kommt auch in weißer und grauweißer Farbe vor.

[3]) Beim Aufthauen der Probewürfel löste sich eine unbedeutende Menge des Materials los, bestehend aus feinen Sandkörnchen und

[4]) An den Probekörpern wurde zunächst die Wasseraufnahme festgestellt, dieselben dann getrocknet und zu den Druckversuchen benutzt.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch Nr.	Gewichtsverlust Arbeitsviertel 1	2	3	4	Gesammt-Gewichtsverlust	Verlust in ccm		
rund							g							
cm	qcm	kg												
6	36	0,447	563 529 485	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Baustein	Beabsichtigt war die Verwendung zu den inneren Thurmpfeilern einer neu zu bauenden Kirche
						II.	—	—	—	—	—			
6	36	0,481	558 537 505	435 404 380	421 410 401	I.	36,1	29,5	30,9	31,8	128,3	51,5	Baustein, Schleifsteine	—
						II.	36,1	24,7	26,4	15,6	102,8			
6	36	0,488	596 552 533	(Die den üblich. Frostproben unterworfenen Würfel blieben unversehrt)		I.	—	—	—	—	—	—	—	—
						II.	—	—	—	—	—			
6,1	36,5	0,478	616 554 507	418 369 324	574 523[3]) 484	I.	11,55	10,30	12,85	10,20	44,90	21,95	Baustein, theilweise für Bildhauerarbeiten (Altäre u. s. w.); Lager 2—6 m mächtig	Elsaß-Lothringen, Baden, Rheinprovinz, Hessen (vergl. auch Anmerkungen)
						II.	11,0	13,60	13,40	8,75	46,75			
6,3	39,3	0,500	610 559 445	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	—	—
						II.	—	—	—	—	—			
6	36	0,424	657 560 475	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Baustein, in den letzten 30 Jahren Ulrichsthurm in Magdeburg, Kgl. Sonnenwarte auf dem Telegraphenberge Potsdam, Archivgebäude Hannover, Rathhaus Schönebeck a. Elbe, Kirchenbauten u. Eisenbahnbrücken	Vor mehr als 100 Jahren zu Hochbauten, Neues Palais in Potsdam, Dom in Magdeburg
						II.	—	—	—	—	—			
4,9	24,0	0,241[4])	720 562 456	—	—	I.	—	—	—	—	—	—	Tief- u. Hochbau, Schleifsteinfabrikation, Bildhauerarbeiten; Preis roh bosstirt ab Dossenheim 26 bis 30 M. p. cbm	Der rothe Stein zu Kirchen in Heitersheim, Bimbuch, Steinach, Neuenburg, Gressern, Hausach, sämmtl. in Baden; Bernhardkirche in Karlsruhe, Bahnhof in Freiburg i. B., Kirchen in Mutzig und Sennheim i. E.
						II.	—	—	—	—	—			

einzelnen kleinen Sandsteinsplitterchen.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
116	Sandstein	Wünschelburg in Schlesien (Heuscheuer Gebirge) Station Mittelsteine; 2500—4000 cbm Jahresausbeute; Schichten 40 m mächtig	Gleichförmig fein- bis mittelkörnig	uneben, rauh, erdig	hellgrau, bräunlich gelb geadert (Eisenoxydhydrat)	2,112	2,593	0,812	4,5	4,8
117	Sandstein, gen. Bitzenburger dunkelgelber Sandstein (weiß und blaßroth)	Wangenscher Grund bei Bitzenburg i. Thür., 1 km von Bahnhof Nebra; Bänke bis 6 m Mächtigkeit bei 20 m Länge	Gleichförmig, feinkörnig; gleichförmig feine Quarzkörnchen sind mit vereinzelt auftretenden Feldspathpartikelchen durch ein kalkig thoniges Bindemittel verkittet	uneben, erdig	röthlich eisenschüssig	2,019	2,609	0,774	6,7	7,5
118	Sandstein, Handelsbezeichnung: Bogesensandstein; vergl. auch Nr. 112, 115 u. 123; s. Anmerkung	„Stangenwald", Gem. Abweiler, Kr. Zabern; Station Lieffenbach-Stouth d. Linie Saargemünd-Mommenheim	Gleichmäßig, feinkörnig; fest	unregelmäßig, etwas erdig	grünlich grau (durch Glaukonitkörnchen grünlich gefärbt)	2,085	2,633	0,792	6,3	7,1
119	Sandstein	Schlesien; nähere Ursprungsangabe nicht gestattet	—	—	gelblich grau	—	—	—	—	—
120	Sandstein, gen. Voltziensandstein (Buntsandstein) 10—15 m mächtig	Steinbruch der Felsburg zwischen Mutzig u. Diensheim, Station Mutzig; verschieden dicke Bänke, die mit untergeordneten Thonschieferlagern wechseln	Gleichförmig dicht, feinkörnig	uneben, erdig, rauh	gelblich braun	2,093	2,634	0,795	5,7	6,6
121	Sandstein, Handelsname: Magdeburger Stein; vergl. auch Nr. 114 andere Schicht	Ummendorf, unweit Bahnhof Wefensleben	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Durch das Frieren und Wiederaufthauen erlitten die Würfel geringe Verluste an einem feinen braunen Sande.

[2]) Beim Aufthauen der Würfel wurde eine unbedeutende Menge des Materials, bestehend aus losen, feinen Sandkörnchen, lotgesprengt.

[3]) Druck trocken parallel zum Lager 714 — 618 — 437.

[4]) Nach dem Gefrieren wieder getrocknet; Druck 903 — 759 — 674.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
6,2	38,4	0,518	619 **587** 517	618 **543** 495	630 **505** 418	I. II.	30,3 36,3	24,6 23,6	23,3 22,3	24,1 18,8	102,3 101,0	48,1	Baustein; verwendet zur Attika der Techn. Hochschule Charlottenburg; Glockengeschoß des großen Thurmes und Tambours der flank. Thürme d. Kaiser Wilhelm-Gedächtnißkirche Berlin; Thurmspitze Reichspostamt Berlin; Gruftgeschoß des Domes Berlin und Domkuppel; Kaiser Wilhelm-Denkmal Berlin (Unterbau) Kirche in Neudeck; Postgebäude in Magdeburg u. Potsdam u. s. w.	
6	36	0,463	675 **607** 536	558 **486** 356	647 **529**[1] 466	I. II.	20,1 26,8	9,8 14,6	9,5 8,2	11,2 12,9	50,6 62,5	28,05	Hoch- und Tiefbau in Thüringen, Sachsen und Brandenburg	Theil der National-Galer. Berlin u. neuer Börsenanbau daselbst; Brücken in Nebra, Kösen; Post in Naumburg u. Apolda; Kirchen in Wolmirsleben, Wilmersdorf (innere Pfeiler) Berga, Beichlingen, Viesdorf; Privatbauten in Halle, Erfurt, Weimar, Magdeburg, Quedlinburg, Naumburg, Weißenfels, Merseburg u. s. w.
6	36	0,470	711 **609** 533	486 **448** 386	661 **600**[2] 558	I. II.	15,80 30,10	21,45 18,55	34,50 29,10	18,30 11,15	90,05 88,90	42,9	Vergl. Nr. 112	
6,4	41,2	0,511	684 **610** 533	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	—	—
6,2	38	0,504	742 **689**[3] 561	580 **501** 402	674 **567**[4] 446	I. II.	14,20 9,85	11,35 15,20	13,60 19,85	12,90 12,70	52,05 57,60	26,2	Baustein	Parament- und Fassadenmauerwerk, Schachteinfassungen, Abdeckplatten, Cordonplatten der Festung Straßburg
6	36	0,463	801 **655** 518	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Vergl. Nr. 114	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad $\frac{r}{s}$	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
									Gewichtsprozent	
122	Sandstein	Born (Luxemburg). Distrikt „Auf der Heide"	Gleichförmig feinkörnig	uneben, erdig	gelblichgrau	1,904	2,617	0,728	5,5	5,5
123	Sandstein Handelsbezeichnung: Vogesensandstein; vergl. auch Nr. 112, 115 u. 118	Büst i./Elsaß, 12 km von Station Dossenheim	—	—	graubraun	—	—	—	5,8	6,5
124	Sandstein	Eichenbühl, Bahnstation Miltenberg a./Main; unter 2—3 m Abraum bis 10 m Mächtigkeit	Die Steine lassen sich nach Angabe des Besitzers R. Hüttich zu Miltenberg a./M. namentlich im bruchfeuchten Zustande leicht bearbeiten		roth	—	—	—	—	—
125	Sandstein gen. Rother Eifeler Sandstein	Distrikt Hocksberg, Gem. Schleidweiler (Eifel), Bürgermeisterei Zemmer, Landkreis Trier, nahe Station Daufenbach	—	—	—	—	—	—	—	—
126	Cudowaer Sandstein	Friedrichstein, Hochplateau des Heuscheuer Gebirges über dem Wallfahrtsorte Albendorf, 11 km von Station Mittelsteine	Gleichförmig mittelkörnig, fest	unregelmäßig, etwas erdig	weiß	2,314	2,645	0,875	1,8	2,0
127	Sandstein Handelsname: Osterwalder Sandstein	Am Osterwalder Berge bei Osterwald, 4—5 km von Station Osterwald (Hildesheim-Hameln), 10 m mächtig, Schichten von $^1/_4$—4 m	Gleichförmig feinkörnig	uneben, rauh, etwas erdig (bröcklig)	gelblichgrau	2,191	2,654	0,826	3,7	3,9

[1]) An den Probekörpern wurde zunächst die Wasseraufnahme festgestellt, dann wurden sie getrocknet und zu den Druckversuchen benutzt.

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g					ccm		
cm	qcm	kg												
6	36	0,476	829 687 522	662 569 494	695 587 446	I. II.	48,8 48,6	30,0 27,0	29,3 32,8	23,7 22,7	131,8 131,1	69,05	Baustein	—
5	25	0,262[1])	804 729,4 667	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Tief- und Hochbauten, Schleifstein	Kirchen in Neckarau und Mauer b. Mannheim, Johanniskirche und neue Gewerbehalle in Darmstadt, Gedächtnißkirche in Speyer a./Rh.
6,2	37,8	0,532	1098 956 832	—	Die den Frostversuchen unterworfenen würfelähnlichen Körper blieben unversehrt	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Fassadenbau, Preis für rauhe Steine fr. Bahnwagen 30 M. pr. cbm	Diakonissen- und Krankenhaus in Freiburg i./B., Wohnhäuser in Zürich, Halle a./S. und Cöln, Rathhaus in Rheydt, Kaserne in Mühlheim a./Rh., Nicolaistift, Schwesternstift u. Wagnerstift in Hannover, Krankenhaus in Frankfurt a./M. u. s. w.
5,9	34,8	0,490	1025 968 925	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Baustein	—
6	36	0,504	1250 1098 965	1306 1124 875	1306 1094 972	I. II.	14,97 14,25	7,00 9,55	10,50 9,93	8,15 9,02	40,62 42,75	18,05	Baustein für Hoch-Brücken- und Wasserbauten	Hauptgesims u. Attika der Techn. Hochschule zu Charlottenburg (1880), Bauten in Breslau, Marienburg, Berlin u. s. w. (s. auch Anhang)
6	36	0,475	1270 1167 1064	1139 1077 1029	1188 1058 940	I. II.	11,0 8,9	14,2 12,7	13,6 18,6	7,1 9,7	45,9 49,9	21,9	Hochbau, Brückenbau, Schleusen- und Sielbau, Kopfsteine, Bord- u. Pflastersteine; grobsandige Mühlsteine für Rußland, Frankreich und Italien	Lange Brücke in Potsdam, Leinebrücke in Hannover und verschiedene Gebäude daselbst, Schleusenbauten in Holland, Bankhäuser u. s. w. in Hannover u. Hildesheim; Rohmaterial 40 bis 50 M. pr. cbm

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
128	Kohlensandstein (Ruhrkohlensandstein); vergl. Anmerkung	Horst bei Steele, Anschluß über Steele Ruhrgebiet; feste Schichten von 0,30 bis 1,50 m Mächtigkeit bis 15 m unter Terrain ausgebeutet	Gleichförmig feinkörnig, durchsetzt von feinen Kohlenpartikeln und vereinzelten größeren fossilen Pflanzenresten	uneben, scharfkantig	grau mit schwach grünlichem Stich	2,552	2,664	0,958	1,0	1,1
129	Kohlensandstein vergl. Anmerkung	Belpke; Schichten zwischen 0,03—1,0 m Stein bis 4,50 m im Quadrat	Gleichförmig feinkörnig	uneben, matt, ziemlich scharfkantig	grau, stellenweise durchsetzt von gelbbraunen Adern und Flecken (Eisenoxydhydrat)	2,270	2,633	0,862	2,4	2,4
130	Sandstein der Steinkohlenformation, im Tagebau gewonnen	Nahe Station Piesberg der Bahnlinie Osnabrück-Rheine	Gleichförmig feinkörnig, ins krystallinische übergehend, schwach porös, durchsetzt mit Körnchen, Flittern u. Stäubchen von Schwefelkies und anthracitischer Kohle	scharfkantig, unregelmäßig, splittrig	dunkelgrau	2,600	2,671	0,973	0,7	0,8
131	Quarzsandstein	Hellstein, Kreis Gelnhausen in Hessen-Nassau, Bahnstation Wächtersbach	Gleichförmig dicht	unregelmäßig, etwas scharfkantig, splittrig	gelblichweißgrau	2,476	2,658	0,932	1,3	1,5
132	Quarzsandstein andere Schichten	Hellstein, Kreis Gelnhausen in Hessen-Nassau, Bahnstation Wächtersbach	Feinkörnig, fest	unregelmäßig, etwas erdig	gelblichweiß, geadert	—	—	—	—	—

Sandsteine, welche nicht auf Druckfestigkeit

133	Sandstein	Friedersdorf unweit Cudowa b. Reinerz im Heuscheuer Gebirge, Verfrachtung von Stationen Rückers-Reinerz aus	Gleichförmig feinkörnig	uneben, rauh, erdig (brödlig)	weißgrau	2,209	2,628	0,841	—	—

Außerdem wurde der Belpker Sandstein[1]) B 326 nur auf Feuerfestigkeit geprüft. Er schmolz zwischen Kegel 34 und 35 der
Die Buntsandsteine unter B 657 wurden nur auf Frostbeständigkeit geprüft. Nach 25maligem Gefrieren zeigten sich sämmtliche weiter, bis zu 53maligem Gefrieren, fortgesetzter Frostbeanspruchung stark erweiterten und den Beginn der Zerstörung zeigten.
Der eine, rothbraune Sandstein entstammt angeblich einem fast ausgebeuteten Bruche in Bisten, der andere rothgefleckte Stein gewinnende Stein wird vielfach zu Bildhauerarbeiten, Grabsteinen u. s. w. verwendet. Der Felsen steht in einer Mächtigkeit bis zu 12 m an. Flecken und gleichfarbigem blaßroth. Die Steine finden Absatz hauptsächlich im Saargebiet, Saarbrücken, St. Johann, Saargemünd, Neun-

[1]) 10 getrocknete und gewogene Würfel wurden eine Stunde lang in einem in lebhafter Gluth erhaltenen Koksfeuer über Eisenrosten Wärmegrad war 900 C°. Nach 1½ Stunden wurden die Würfel aus dem Feuer genommen und 24 Stunden im Laboratorium langsam Verfärbungen und vereinzelten feinen Rissen — nicht erkennen. Die ursprünglich grünlichgraue Farbe der Steine war ins röthlichgraue

[2]) Die großen Schwankungen in den Einzelwerthen der Festigkeitsversuche lassen darauf schließen, daß die Festigkeit des Materials

11.		12.	13.	14.	15	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche								
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wassersatt	nach 25 maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm	Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
rund						Nr.	1	2	3	4				
cm	qcm	kg					g					ccm		
5,9	35,2	0,543	1296 1248 1204	1048 928 869	1006 952 914	I. II.	9,6 9,2	13,5 11,1	11,1 9,9	12,9 9,7	47,1 39,9	17,05	Obere dünne u. brüchige Lagen zum Chausseebau und als Baustein für Fundamente; untere Schichten zu Treppenstufen und profilirten Bautheilen	Treppen d. Bahnhöfe: Düsseldorf, Cöln a./Rh., Crefeld, der Schulen: Gymnasium Coblenz, Realgymnasium Elberfeld, Volksschule Cöln, der Rathhäuser: Neuß, Elberfeld, Crefeld, der Amtsgerichte Remscheid, Solingen, St. Goar
5	25	0,291	1608 1361 1193	1590 1368 1094	nach Beanspruchung im Feuer[1]) 1484 1218 1010	I. II.	15,7 16,4	17,7 13,9	9,8 13,8	11,3 9,9	54,5 54,0	23,9	Baustein Vergl. das Prüfungsergebniß unten.	Treppe im Neubau der Charité zu Berlin
4,2	17	0,192	2091 1736 1534	trocken parallel zum Lager gedrückt 2083 1590 1149	—	I. II.	2,3 1,5	2,7 3,2	2,8 2,9	2,8 3,1	10,6 10,7	4,1	Straßenpflaster, Eisenbahnoberbau, Beton, Uferbefestigung, Wegebau	Jährl. 110 000 t, davon 35 000 t Pflastersteine, Kanten- u. Bordsteine in Hannover, Westfalen u. Großherzogth. Oldenburg
4	16	0,146	2431 1780[2]) 1125	2897 1838 1063	2259 1616 833	I. II.	5,6 7,2	6,5 6,2	5,3 5,7	6,0 6,0	23,4 25,1	9,8	Pflastersteine	Tiefbauamt Frankfurt a./M.
4	16	0,172	1976 1820 1531	—	—	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Pflastersteine, Quadern von 5, 4, 3 m, 1—4 m starke Schicht zu Wasser- und Straßenbau, Fundamente	Kleinbahn Wächtersbach-Birstein; Pflaster in Frankfurt a./M.

im trockenen Zustande geprüft wurden.

—	—	—	—	—	—	I.	14,0	22,5	18,4	11,1	66,0	30,8	Baustein	Vergl. die Anmerkung
						II.	17,7	24,4	15,5	12,4	70,0			

Segerschen Elala. Vergl. auch Nr. 129.
Proben, abgesehen von schwachen Absandungen, unverändert. Einige der Proben hatten vor den Frostversuchen bereits Risse, die sich bei

einem Bruche beim Dorfe Beningen, etwa 1½ km vom Bahnhofe Beningen. Der letztere, durch Schroten, Heben und Stoßen leicht zu Die einzelnen oft 4 m starken Bänke, durch dünne Lettenlagen getrennt, wechseln in der Farbe von ganz gleichem weißgrau, weiß mit rothen krechen, sowie nach Metz, Cöln und Westfalen. Der Preis für 1 cbm beträgt je nach Farbe und Größe 20—25 M.

allmählich bis auf Rothglühhitze erwärmt. Dann wurde das Feuer noch eine halbe Stunde sich selbst überlassen. Der höchste dabei erreichte abgekühlt. Der Gewichtsverlust betrug durchschnittlich 1 g für jeden Würfel. Aeußere Beschädigungen ließen die Würfel — abgesehen von übergegangen.
in einzelnen Blöcken und Lagen eine stark wechselnde ist.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche: Gefüge	Bruch	Farbe	Raumgewicht r	Specifisches Gewicht s	Dichtigkeitsgrad r/s	Wasseraufnahme nach 24 Stunden	Wasseraufnahme nach 125 Stunden (satt)
									Gewichtsprocent	
134 Marke A	Grauwacke. Die Steine sind einem eben erst erschlossenen Bruche entnommen, aus welchem das Material zum Bau der Beverthalsperre gewonnen werden sollte. Die früher schon vorhandenen untergeordneten Brüche konnten mit den etwa 15 km oberhalb und unterhalb im Wupperthale liegenden Grauwackebrüchen nicht konkurriren. Der zur Prüfung benutzte Stein A und B kam nur in geringer Mächtigkeit in den zu Tage liegenden Schichten vor, zeigte zahlreiche Sprünge und ließ sich nicht verarbeiten. Der in größerer Tiefe vorkommende Gesteinstypus C war der beste und wurde vorzugsweise als Baustein verwendet. In Folge einer komplicirten Faltung war das Gebirge von häufigen vertikalen Schnitten durchsetzt, so daß das Gestein einzelne Stöcke bildete, in welchen es in großen Platten von 20 bis 30 cm Dicke brach. Weil die Schichten nach dem Gebirge einfielen, war die Gewinnung sehr erschwert	Beverthal, 4 km von Bahnh. Hückeswagen	Gleichförmig dicht, lagenförmig bis uneben schiefrig	unregelmäßig bis dickblättrig	grünlichgrau	2,628	2,712	0,969	0,5	0,7
135 Marke C			wie vor.	wie vor.	grünlich- bis bläulichgrau	2,659	2,729	0,974	0,6	0,6
136 Marke B			wie vor.	wie vor.	grünlichgrau, einzelne Spaltungsflächen zeigten ein rostbraunes Aussehen	2,580	2,693	0,958	0,05	0,4
137	„Vorberg" Grauwackenschiefer „Göbel"	Im Saalscheid, am linken Hange des Thales, 2,5 km von Bahnhof Ronsdorf und etwa 400 m von Heidt; 0,2—0,6 m mächtige Lager, die z. Th. gebrochen, theilweise gesprengt werden	Ungleichförmig; dichte weichere thonige Stellen wechseln mit feinkörnig-sandsteinartigen unregelmäßig ab, bezw. gehen in einander über	uneben, matt, etwas splittrig, ziemlich scharfkantig	grünlichgrau	2,554	2,705	0,944	0,7	0,7
			Gleichförmig dicht bis feinkörnig-sandsteinartig	uneben, scharfkantig, flachmuschelig	bläulich- bis grünlichgrau	2,681	2,692	0,996	0,3	0,3
138	Grauwacke	Taterkopf in der Fürstlich Stolbergschen Straßberger Gemeindewaldung (Harz); Gustav Herzberg, Stiege i./H.	—	—	—	2,671	2,780	0,961	—	—

C. Conglo-

139	Melaphyr- u. Quarzit-Konglomerat aus der unteren Abtheilung des Ober-Rothliegenden, sogen. Wadernher Schichten	Kilometerstein 36, 95 der Linie Wemmetsweiler-Nonnweiler zwischen den Stationen Wadern u. Büschfeld, gegenüber dem Dorfe Bardenbach-Biel Landkreis Merzig; kein Steinbruch	fein- bis grobkörnig; sandstein- bis breccienartig	uneben, rauh	braunroth	2,288	2,645	0,865	6,1	6,8
140	Porphyrkonglomerat bezw. Kohlensandstein	Kalte Haide, Bürgermeisteramt Brotterode a./H., 50 Min. vom Bahnhof Brotterode; 0,25—2,00 m starke Schichten	Durch Verwitterung zertrümmertes Porphyrmaterial ist sandstein- bis konglomeratartig erhärtet	uneben, rauh, splittrig	röthlich bis grünlichgrau Härte ungleichmäßig; das Material läßt sich auf dem Diamantgatter gut, auf der Diamantkreissäge schwer bearbeiten	2,294	2,591	0,885	4,0	5,1

[1]) Mit Adern durchsetzte Probe. [2]) Von den ausgefrorenen Proben zeigten vier Würfel deutliche Risse, die übrigen waren

11. Abmessungen: Seitenlänge des Würfels rund cm	11. Abmessungen: Gedrückte Fläche rund qcm	12. Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels kg	13. Druckfestigkeit kg/qcm: trocken	14. Druckfestigkeit kg/qcm: wassersatt	15. Druckfestigkeit kg/qcm: nach 25maligem Gefrieren	16. Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche: Versuch Nr.	Gewichtsverlust in g: Arbeitsviertel 1	2	3	4	Gesammt-Gewichtsverlust	16. Verlust in ccm	17. Verwendungszweck	18. Bereits verwendet Wo?
4	16	0,170	1731 **1081** 502	1015 **688** 398	1018 **769** 531	I. II.	15,2 9,5	12,0 3,5	10,0 8,0	15,0 6,0	52,2 27,0	15,1	Baustein	Beyer Thalsperre
4	16	0,170	1731 **1554** 1249	1404 **998** 620	1187 **1014** 826	I. II.	13,3 14,6	12,5 15,7	5,4 13,8	7,3 8,7	38,5 52,8	17,5	Der Stein ist äußerst zähe und seine Bearbeitung mit dem Hammer unmöglich, doch lassen sich mit dem Meißel aus ihm sehr schöne Werksteine herstellen. Wegen der weiten Entfernung von der Bahn (4 km) erscheint nach Vollendung des Thalsperrenbaues die weitere Ausbeutung des Bruches ausgeschlossen	
4	16	0,173	2944 **2388** 1731	2539 **2089** 1311	2338 **1998** 1004	I. II.	5,0 5,0	3,5 5,5	4,0 2,8	4,8 3,6	17,3 16,9	6,65		
4	16	0,161	1343 **1099** 502	1156 **889** 177[1])	1049 **828** 583	I. II.	24,0 36,9	17,5 32,1	21,5 39,0	20,9 36,8	83,9 144,8	44,8	Der Steinbruch ist lediglich zur Gewinnung der Bruchsteine für die neu anzulegende Thalsperre im Saalbachthale bei Ronsdorf, Regierungsbezirk Düsseldorf, angelegt worden und erst seit März 1898 in Betrieb	
4	16	0,173	2879 **2382** 1674	2292 **1992** 1612	2137 **1746** 1500[1])	I. II.	10,1 7,8	9,5 8,0	10,5 8,8	10,4 9,1	40,5 33,7	13,9		
4	16	0,187	2696 **2289** 1887	—	—	I. II.	4,4 6,7	5,5 6,2	6,1 6,7	5,5 6,6	21,5 26,2	8,9	Pflastersteine, Pack- und Decklage für Chausseebauten	—
merate.														
4	16	0,144	747 **670** 589	419 **364** 309	450 **390** 332	I. II	24,6 23,3	18,7 22,2	14,6 10,8	14,4 21,1	72,3 77,4	32,7	Der Bruch ist lediglich zu Zwecken des Bahnbaues angelegt; Material zu Steinpackungen zum Schutze der Böschungen am Primfluß und zu Fundamentmauerwerk von Durchlässen verwendet	
5	25	0,291	2013 **1218** 1078	1237 **709** 491	740 **620**[2]) 525	I. II.	— —	— —	— —	— —	— —	—	Zu Sockelmauern, Brückenbauten, Bordsteinen, Pflastersteinen, Treppenstufen	Nur in Brotterode (Kirche); Preis pr. cbm roh 5 M., bearbeitet 20 bis 25 M.

anscheinend unversehrt geblieben.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Laufende Nr.	Petrographische bezw. geologische Bezeichnung des Gesteins. Handelsbezeichnung	Herkunft (Lage des Bruches)	Beschaffenheit der Bruchfläche			Raumgewicht	Specifisches Gewicht	Dichtigkeitsgrad	Wasseraufnahme nach	
			Gefüge	Bruch	Farbe				24 Stunden	125 Stunden (satt)
						r	s	$\frac{r}{s}$	Gewichtsprozent	
141	Zechsteinkonglomerat	Unterschäblingen bei Königsee i./Thüringen, etwa 8 km vom Bahnhof Oberrottenbach	Gleichförmig feinkörnig mit vereinzelt eingebetteten größeren Gesteinstrümmern	uneben, ziemlich scharfkantig, etwas splittrig	grünlichgrau	2,548	2,622	0,972	1,0	1,1
142	Porphyrkonglomerat	Schmalwassergrund bei Dietharz	Krystallinisch-körnig bis porphyrisch mit ziemlich stark vorgeschrittener Verwitterung — Kaolinisirung — des Feldspathes	uneben, matt, rauh	braunroth	2,456	2,603	0,944	1,1	1,1

Was nun die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse in den vorstehenden Tabellen angeht, so mußte vorläufig noch eine ähnliche Eintheilung der Gesteine wie früher festgehalten werden, weil der Versuchsanstalt — wie weiter vorn ausgeführt — die Unterlagen für eine streng wissenschaftliche Gruppirung der Gesteine fehlten.

Folgende Ordnung ist innegehalten worden:

A. Massige ungeschichtete Gesteine. 1. Granite. 2. Hornblendegesteine. 3. Ophiolite. 4. Porphyre. 5. Trachytgesteine. 6. Augitgesteine.

B. Geschichtete Gesteine. 1. Thonschiefer. 2. Talk. 3. Kalksteine (krystallinisch). 4. Kalksteine (dicht). 5. Dolomite. 6. Sandsteine.

C. Konglomerate.

Die petrographische und geologische Bezeichnung der Steine erfolgte nach den Mittheilungen der Antragsteller, die nicht in allen Fällen auf Richtigkeit geprüft werden konnten. Der hierin liegende Mangel kann erst beseitigt werden, wenn die Versuchsanstalt selber die Einrichtungen zur Bestimmung der Gesteine besitzt.

Spalte 3 enthält — ebenfalls nach den Mittheilungen der Antragsteller — möglichst genaue Angaben über die Herkunft des Steines, die Lage des Bruches und insbesondere die nächsten Bahn- oder Schifffahrtstationen, sowie in einigen Fällen Auskünfte über Formation, Schichtenstärke des Gesteines u. s. w., die manchem Verbraucher der Bausteine willkommen sein werden.

Die Prüfungsergebnisse sind in derselben Weise, wie früher, in der Tabelle verzeichnet worden. Insbesondere enthalten die Spalten 13—15 wieder fett gedruckt die Druckfestigkeit in kg/qcm im Mittel aus je 10 Versuchen; die über bezw. unter diesen stehenden Zahlen bedeuten die Maximal- bezw. Minimaldruckfestigkeiten des Gesteins für denselben Zustand.

Im Voraus sei bemerkt, daß direkte Vergleiche zwischen den Druckfestigkeiten gleicher oder verwandter Steinsorten nicht ohne Weiteres zulässig sind, weil zuweilen bestes Material für die Prüfung ausgewählt und eingereicht, zuweilen — auch von den Steinbruchbesitzern selber — absichtlich Durchschnittswaare für die Prüfung bestimmt wurde. Fast jeder Bruch

11.		12.	13.	14.	15.	16.							17.	18.
Abmessungen		Mittleres Gewicht des getrockneten Würfels	Druckfestigkeit kg/qcm			Abnutzbarkeit Körper mit 50 qcm Schleiffläche							Verwendungszweck	Bereits verwendet Wo?
Seitenlänge des Würfels	Gedrückte Fläche		trocken	wasserfatt	nach 25maligem Gefrieren	Versuch	Gewichtsverlust					Verlust in ccm		
							Arbeitsviertel				Gesammt-Gewichtsverlust			
							1	2	3	4				
rund						Nr.	g							
cm	qcm	kg												
4	16	0,163	1458	989	944	I.	11,3	11,4	14,7	13,8	51,2	23,4	Bauzwecke	Bis jetzt in beschränktem Umfange
			1272	890	787								Nach Fertigstellung d. Bahnstrecke Oberrottenbach-Königsee-Katzhütte wird der Absatz erleichtert	
			1078	812	581	II.	17,9	13,4	17,3	19,5	68,1			
4	16	0,157	1642	1419	1472	I.	—	—	—	—	—	—	Ausbeute nur für den Thalsperrenbau im Schmalwassergrund gestattet	
			1480	1254	1260									
			1065	1141	1065	II.	—	—	—	—	—			

enthält gute und weniger brauchbare Schichten, so daß das Prüfungsergebniß immer stark von der Auswahl der Probesteine abhängig sein wird[1]).

Neu aufgenommen sind die Spalten 17 und 18, welche die von den Antragstellern mitgetheilten Angaben über den hauptsächlichsten Verwendungszweck der Gesteine und die Orte bezw. Bauten, in denen die Steine bisher Verwendung gefunden haben, enthalten.

Soweit die Antragsteller eingehendere Mittheilungen über ihre Brüche und das daraus gewonnene Material an die Versuchsanstalt gelangen ließen, oder weiter gehende Prüfungen ausgeführt wurden, sind die entsprechenden Angaben in den nachfolgenden „Anmerkungen" enthalten. Damit wird beabsichtigt, den Vergleich zwischen den Ergebnissen der Prüfung und den Erfahrungen, welche die praktische Verwendung der Steine zeitigt, zu ermöglichen und so mit der Zeit einen besseren Ueberblick über den Werth der Prüfungen zu gewinnen. Die Versuchsanstalt würde daher auch die Mittheilung der von den Verbrauchern gemachten Erfahrungen stets mit Dank entgegennehmen und demnächst verwerthen.

Anmerkungen.

Nr. 4 u. 12. Ueber die **Granite vom Schwarzwald** äußert sich der Steinbruchbesitzer E. Friedr. Meyer in Freiburg i. B. wie folgt: Der Schwarzwald bietet in seiner ganzen Ausdehnung zahlreiche Fundstätten für Granit. Doch ist es zumeist der gewöhnliche grauweiße, grobkörnige, dessen Material hauptsächlich zu Bordsteinen, Bodenplatten, Brückenquadern, Treppenstufen und einfachen Architekturtheilen Verwendung findet.

Der feinkörnige, weiße und farbige sogenannte Granitit findet sich nur im südlichen Theile des Schwarzwaldes. Er wird von den zu Tage liegenden Felsen gebrochen. Die Abmessungen, in welchen er zu erhalten ist, sind ziemlich bedeutende. Er eignet sich und wurde

[1]) Deswegen ist es in allen Fällen, in denen es auf genaue Feststellung der Güte der zu einem Bau verwendeten Gesteine ankommt, immer zu empfehlen, das thatsächlich zur Lieferung gelangende Material prüfen zu lassen und die Materialbeurtheilung nicht auf alte, vielleicht für ganz abweichende Proben geltende Zeugnisse zu stützen.

bisher verarbeitet zu Säulen, Pilastern, Denkmälern, Grabsteinen, Gebäudesockeln, Treppenstufen u. a. m.

Der Stein kommt in folgenden Farben vor: hellroth (gut zu poliren), dunkelroth (verwendet zum Denkmal König Ludwigs II. am Starnberger See, sowie zu Grabdenkmälern in Frankreich); buntroth mit grünlichen Einsprengungen, (verwendet zu acht polirten Säulen im Rathhaus zu Pforzheim, vier desgl. zur Mädchenschule in Freiburg, vier Säulen zum Frauenspital Basel, zum Telldenkmal in Altdorf, zu acht polirten Säulen in der Friedhofskapelle Freiburg); schwarz (eignet sich besonders zu Felsendenkmälern); weiß, sehr feinkörnig (für Grabdenkmäler); weißgrau und blaugrau (Nr. 12 für Bauarbeiten). Aus diesem Stein wurden ausgeführt: Bahnunterführungen zu Freiburg und Pforzheim, Unterbau am Wasserwerk Freiburg, Treppen im Rathhaus zu Pforzheim, Pilaster mit rother polirter Säule an den Gewerbslauben in Straßburg u. s. w. Absatzgebiet ist außer dem südlichen Deutschland hauptsächlich die Schweiz. Die Gewinnung geschieht durch Brechen und Stoßen im Tagebau, selten durch Sprengen mit Pulver. Im Pflastersteingeschäft sind meist bayrische und böhmische, im Steinmetzbetrieb italienische Arbeiter beschäftigt. Der Handelswerth des Steines richtet sich nach der Art der Bearbeitung und schwankt zwischen 50 und 400 Mk. für 1 cbm.

Nr. 14. Die Besitzerin des Steinbruches von **Lysekiel in Schweden**, welche nicht genannt zu sein wünscht, theilt ein umfangreiches Verzeichniß solcher Bauwerke mit, die aus dem Granit ganz oder theilweise errichtet wurden. Daraus seien folgende hervorgehoben: 1842: Schleusen in Trolhättan; 1858: Bassin auf dem Schloßhofe zu Kristiansborg, Kopenhagen; 1864: Bekleidungsamt zum Thames Embankment, London; 1868: Brookthorschleuse, Hamburg; 1869: Brandswieterbrücke, Annenbrücke, St. Paulibrücke, Brooksbrücke in Hamburg; 1873: Piedestal zum Standbild von Thorwaldsen, Kopenhagen; 1876: Springbrunnen aus einem Stück (4,5 m Durchmesser) in Frankfurt a. M.; 1891: Östlicher Hafenkopf Cuxhafen; 1894: Rijnhaven in Rotterdam.

Pflastersteine aus dem Material sind nach vorliegenden Bescheinigungen der Baubehörden mit Erfolg in Berlin, Hamburg, Bremen, Stettin, Bremerhafen, Rostock, Altona und in einigen dänischen Städten verwendet worden.

Specielle Verwendung findet der Stein schließlich zu Kollersteinen für Papierfabriken, Glasfabriken u. s. w., wobei er sich besonders durch geringe Abnutzung auszeichnen soll.

Nr. 17. Das Vorkommen von **Päskallawik** gehört dem großen Granitgebiet des südöstlichen **Schweden** an, welches sich in einer Breite von 12 km in unbegrenzter Mächtigkeit hinzieht. Die Gewinnung des Gesteins erfolgt in terrassenförmigen Tagebauen. Die Blöcke werden durch Bohrlöcher in Abständen von 18 cm umgrenzt und lassen sich dann gut abspalten.

(Zwischen Löfsholt, Skrika und Alsheda ist ein neuer Steinbruchbetrieb in großem Maßstabe projektirt, für den elektrischer Antrieb der Bohr- und Hebemaschinen und Ausnutzung der Wasserkraft eines das Gebiet durchfließenden Flusses mit starkem Gefälle in Aussicht genommen ist.)

Die grobkrystallinische Spielart, welche mehr im Innern des Gebirgsstockes auftritt, wird hauptsächlich zu Sockelsteinen, Säulen, Treppen, überhaupt zu baulichen Zwecken aller Art verwendet, und geht in unbearbeiteten Blöcken von beliebig vorgeschriebenen Maßen mit 5 cm Uebermaß auf jeder Seite auf dem Seewege nach Deutschland, den Nord- und Ostseeküstenländern und nach Schottland.

Eine feinkryſtalliniſche Spielart, welche in einem breiten Streifen längs der Küſte auftritt, iſt nur zu Pflaſterſteinen verwendbar, die ebenfalls auf dem Seewege nach Deutſchland (Stettin, Danzig u. ſ. w.) verſchickt werden.

Nr. 19. 25. Die Preiſe der **Carlskrona-Granite** werden von der Firma F. H. Wolff in Carlskrona wie folgt angegeben: Frei Berlin koſten 1 qm Pflaſterſteine 8—18 Mk.; 1 m Kantſteine 4—6 Mk.; 1 cbm Werkſteine 120—180 Mk.

Nr. 32. Zu der Bezeichnung des aus **Schweden** ſtammenden Steines als **Granit** iſt Folgendes zu bemerken: In dem Geſtein ſind feine, kryſtalliniſche Quarzkörner durch ein kieſeliges Bindemittel ſehr feſt mit einander verkittet. Das Geſtein iſt ſchwach imprägnirt mit kleinen Kohlenflittern. Die Bezeichnung „Granit" iſt petrographiſch unrichtig, das Geſtein iſt vielmehr als kryſtalliniſcher Quarzſandſtein (Kryſtallſandſtein) und zwar als ein Gebilde der Steinkohlenformation aufzufaſſen. Bei der Prüfung auf Druck zerſprang der Stein mit heftigem Krach in kleine Stücke.

Nr. 40. Ueber das Vorkommen von körnigem **Diabas im Rupbachthale** äußert ſich die Geſellſchaft „Rupbachsthaler Diabaswerke" wie folgt:

Das Vorkommen von körnigem Diabas im Rupbachthale liegt im Regierungsbezirk Wiesbaden, in der Gemeinde Steinsberg, und gehört dem unteren Lahngebiete an. Das Diabaslager ſelbſt liegt von der Halteſtelle Rupbachthal der Naſſauiſchen Lahnbahn nur 2 km entfernt, und dicht an der Station befindet ſich auch die Einladeſtelle für die Lahnkähne. Die deboniſchen Bildungen nehmen an der unteren Lahn, ſpeciell in der weiteren Umgebung des in Rede ſtehenden Diabaslagers, den größten Raum ein. In tektoniſcher Beziehung ſtellen die devoniſchen Schichten eine Aufeinanderfolge zahlreicher paralleler Falten dar, welche, entſprechend der herrſchenden Streichrichtung im rheiniſchen Schiefergebirge, von SW nach NO verlaufen. In dieſen mitteldevoniſchen Ablagerungen treten in großer Anzahl als lagerförmige Einſchaltungen Diabaſe auf. Zu dieſen gehört das mächtige, am Nordrande des ſüdlichen Zuges von Orthocerasſchiefer entwickelte Lager, das hier in Rede ſteht. Daſſelbe bildet ein über 100 m mächtiges regelmäßiges Lagervorkommen von circa 1250 m Länge.

Das Vorkommen iſt an drei Stellen im tiefeingeſchnittenen Rupbachthal und in einem Nebenthälchen bloßgelegt. — Es bildet an dem Ausgehenden Klippen von 150—160 m Höhe; am Fuße derſelben liegen große Rollſtücke von Diabas, losgeriſſen bei der Eroſion der Thäler. Ebenſo läßt ſich das Lager über die Berghöhe leicht verfolgen, da die begrenzenden devoniſchen Schiefer verwittert ſind und die Rollſtücke des Diabaſes überall zu Tage ſtehen.

Die den Prüfungen unterworfenen Proben ſollen den oberſten Schichten des neu eröffneten Bruches entnommen ſein; bei der weiteren Aufſchließung des Bruches ſoll ſich herausgeſtellt haben, daß hiermit die Härte der gewonnenen Steine zugenommen hat.

Im Volksmunde wird der Diabas des Rupbachthales als Syenit bezeichnet und in der That ähnelt er in mineralogiſcher Beziehung demſelben ſehr. Auf der Diamant-Gatterſäge und der Kreisſäge der Verſuchsanſtalt ließ ſich das Material gut und raſch bearbeiten.

Nr. 50. 52 u. 61. 62. Die Firma Herpel, Wilhelm & Hildebrand in Weinheim i. B. theilt bezüglich ihres **Porphyrs** (lfd. Nr. 50 u. 52) und **Phonolites** (Nr. 61 u. 62) Folgendes mit:

Das auf gelochten Cylinderſieben ſortirte Schottermaterial findet in Größen von 40—60 mm für ſtark befahrene Landſtraßen, in etwa 30 mm Größe auf Nebenſtraßen, in

etwa 15—25 mm auf Feldwegen und das Feine auf öffentlichen Gehwegen, in Gärten und als Mauersand Verwendung. Die mittleren und feinen Sorten werden auch für Cementbeton mit Vortheil benutzt. Der Preis des groben Materials beträgt 4,50—5 Mk., der des mittleren 3 Mk. und der des feinen 2 Mk. für 1 cbm ab Werk. Die minderharten Steine, also die zweite Qualität, finden Verwendung als Schottermaterial zwischen den Schwellen der Bahnkörper, da es immer noch härter und aus verschiedenen Gründen geeigneter ist als Kalksteinschotter oder Rhönkies. Auch als Stücksteine auf Bahnkörpern und bei Anlage von Straßen ist der Verbrauch ein bedeutender. Stücksteine kosten ab Werk 3 Mk. für 1 cbm. Der Schotter zweiter Qualität kostet 1 Mk. für 1 cbm weniger als erste Qualität.

Nr. 51. **Quarzporphyr von Beutengrund.** Nach einer der Versuchsanstalt übermittelten Druckschrift (Verlag von W. Ernst & Sohn Berlin 1897) hat der Kgl. Eisenbahn-Direktor E. Schubert in Sorau N. L. Stopfversuche mit Steinschlagbettung aus dem Quarzporphyr ausführen lassen, aus welchen er folgert, daß das Material in Form von Kleinschlag dem aus Basalt und Grauwacke gleichzustellen ist.

Nr. 72. Bezüglich des **Säulenbasaltes von Sproitz** theilt die Sproitzer Steinbruch-Aktien-Gesellschaft noch mit, daß das Gestein aus Tiefbrüchen gewonnen wird und jetzt durchschnittlich 20 m gehoben werden muß. Die Gewinnung der Steine geschieht hauptsächlich durch Handarbeit, zum Theil durch Pulversprengung. Die jährliche Förderung beträgt etwa 90000—100000 cbm. Die vorhandenen Steinbrechmaschinen können täglich 500 cbm Kleinschlag herstellen. Die Firma beabsichtigt, aus den Basaltabfällen Kunststeine und Betonausführungen aller Art herzustellen und hat Proben dieser Art bereits zur Prüfung gestellt, über die indessen an anderer Stelle berichtet werden wird.

Nr. 80. Bei der Prüfung des **metamorphosirten Glimmerschiefers** wurde u. a. beabsichtigt, festzustellen, ob die durch das wiederholte Stopfen des Eisenbahnbettungsmateriales und die Einwirkungen des Betriebes entstehenden Abtrennungen kleiner Theile zu Schlammbildung Anlaß geben, indem sich diese kleinen Theile durch Verwitterung etwa schnell zersetzen. Zu diesem Zwecke wurden die Korngrößen von etwa 5 kg bis zur Walnußgröße zerkleinertem und getrocknetem Bruchsteinmaterial durch Absieben festgestellt. Die einzelnen Körner und Stücke wurden dann wieder untereinander gemischt, mit Wasser gesättigt und in einer Zinkschüssel einer 25 maligen Frostbeanspruchung von etwa — 12 C° unterworfen. Nach vierstündigem Gefrieren wurde der Kleinschlag jedesmal drei Stunden in einem mit Wasser gefüllten Glasgefäß bei Zimmerwärme wieder aufgethaut. Nach Beendigung der Frostversuche wurde das Aufthauwasser abfiltrirt, das Versuchsmaterial getrocknet und seine Korngrößen wie vorher ermittelt.

Das Ergebniß war folgendes:

a) Auf dem Filter blieb nur ein geringer, gelber, weicher (im feuchten Zustande schlammartiger) Rückstand liegen, dessen Menge 0,04 % vom Gewichte der trockenen Versuchsmenge betrug;

b) merkliche Verschiebungen in den Korngrößen des Versuchsmaterials durch Zerkleinerung einzelner Stücke in Folge Frosteinwirkung waren durch die Siebversuche nicht nachzuweisen. Dagegen wurde bei den nach beendetem Frostversuch mit derselben Probenmenge wiederholt angestellten Siebungen ermittelt, daß durch das Sieben selbst eine fortschreitende Zerreibung des Materials stattfand, wodurch die einzelnen Körner ihre scharfen Kanten verloren und feines Pulver in beachtenswerther Menge entstand.

Die Siebergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

	Rückstände zwischen den Sieben mit											
Maschen auf 1 qcm	½	1	4	9	20	60	81	120	240	324	600	—
	Vor dem Frost:											
Prozent Rückstand	38,0	33,6	15,6	9,7	1,4	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	—
	Nach dem Frost. Erster Siebversuch:											
Prozent Rückstand	37,8	33,6	15,6	9,5	1,4	0,9	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3
	Nach dem Frost. Zweiter Siebversuch:											
Prozent Rückstand	38,1	32,6	16,4	9,5	1,3	1,0	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2
	Nach dem Frost. Dritter Siebversuch:											
Prozent Rückstand	36,7	34,2	15,9	9,7	1,3	1,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3

Im Anschlusse an diese mit der Hand ausgeführten Siebversuche wurden mit Hilfe der Tetmajer-Siebvorrichtung neue Versuche mit demjenigen Theil des Kleinschlages angestellt, welcher durch das 9-Maschensieb hindurchging und auf dem 120-Maschensieb liegen blieb, und zwar wurde sowohl bereits ausgefrorenes und abgesiebtes als auch frisch zerkleinertes Material benutzt. Nach 30000 Rüttelbewegungen waren von der Masse des bereits gesiebten Materials 0,22 % und von der Masse des frischen Materials 0,57 % durch das 120-Maschensieb gefallen. Diese feinen Theile stellten sich als ein hellgraues, ziemlich scharfkörniges Pulver dar.

Nr. 82. Ueber den **Phrygischen Marmor** theilt der Herr Geheime Oberregierungsrath Bormann Folgendes mit:

Der Marmorbruch liegt einige km seitlich von der anatolischen Bahnstation Afiun-Karahissar bei der Ortschaft Eski-Karahissar in Kleinasien. Es ist dies das alte Dokymeion und der hier gebrochene Marmor hieß nach der nächsten Handelsstadt „Marmor von Synnada". Seine schönen, bunten Adern machten ihn im späteren Alterthum sehr beliebt. Massenhaft wanderten seine Blöcke nach Rom zum Schmuck der Tempel, Paläste und Villen, und selbst in Athen, welches die edelsten Marmorarten in nächster Nähe hat, wurde er unter Hadrian mit Vorliebe verwendet. Neuerdings werden einige, 25 km von Afiun-Karahissar entfernt, nahe bei einem Dorfe Ischtschi-Karahissar liegende Brüche von einem Holländer ausgebeutet[1]).

An den auf verschiedene Bergabhänge vertheilten antiken Marmorbrüchen sind die Schnittflächen noch deutlich erkennbar. Der Stein hat an ihnen einen schönen goldbraunen Ton angenommen, ganz ähnlich der Farbe des Parthenon und der Propyläen. Leuchtend weiß dagegen sind die neuen Brüche, da die bunten Adern erst bei näherer Betrachtung hervortreten. Der Weg von dem neuen Bruche bis zum Meere ist weit und der Transport trotz der Eisenbahn daher kostspielig. Ob die neu angelegten Brüche sich rentiren werden, bleibt daher zweifelhaft.

[1]) Anatolische Skizzen von Alfred Körte, Berlin. Verlag von Julius Springer, 1896.

Nr. 83. Ueber den **Marmor des Pentelikon** theilt die Firma Perino & Co., welche die Einführung dieses Marmors und den Vertrieb desselben für das Deutsche Reich übernommen hat, Folgendes mit:

Der Marmor von Pentelikon lagert auf einer Reihe niedriger Hügel einige Meilen nordöstlich von Athen. Aus den dort angelegten Brüchen wurde ein großer Theil des Materials für die alten Bauwerke gewonnen, welche noch jetzt die Hauptstadt des modernen Griechenland schmücken. Die Verwendung des Pentelischen Marmors griff von Griechenland auch auf das römische Reich über, wo dieser Marmor neben dem von Carrara bis zum vierten Jahrhundert Verwendung fand. Dann haben die Brüche lange Zeit unbenutzt gelegen und erst im Jahre 1860 sind sie wieder eröffnet worden. Professor G. Richard Lepsius sagt auf S. 13 und 14 der „griechischen Marmorstudien" über den Pentelischen Marmor:

> „Wenn man eine ungefähre Berechnung anstellt über die Quantitäten Marmor, welche aus diesen 25 Steinkammern am Pentelikon im Alterthum entnommen worden sind, so gelangt man zu Massen von mehr als 400000 cbm, die es begreiflich erscheinen lassen, daß nicht nur in Athen die größten Bauwerke (Parthenon, Erechtheion, Propyläen, Theseion, Olympieion) aus diesem Marmor gebaut wurden, sondern daß wir den Pentelischen Marmor in vielen antiken Städten Griechenlands und nicht zum wenigsten auch in Rom, wiederfinden; alle Museen Europas enthalten Statuen und Denkmäler, deren Material diesen Brüchen am Pentelischen Gebirge entstammt. Einer der größten antiken Brüche am Pentelikon ist derjenige, welcher in ca. 700 m Meereshöhe liegt und in dessen Hintergrunde eine Tropfsteinhöhle angefahren wurde, in der eine kleine byzantinische Kapelle eingebaut ist. Dieser Bruch wurde unter König Otto im Jahre 1836 nach Nordwesten zu weiter ausgebrochen und lieferte die Werksteine zum Bau des Königlichen Schlosses in Athen."

Nach Mittheilungen, welche der Firma Perino & Co. aus Athen zugingen, sollen dort z. B. am Erechtheion sehr feine, scharfkantige und gut erhaltene Skulpturen noch heute vorhanden sein, die über 2000 Jahre der Witterung ausgesetzt gewesen sind. Auch in den antiken Steinbrüchen am Pentelikon, wo es im Winter regelmäßig schneit und friert, sollen sich antike Werkstücke befinden, die vollkommen gut und scharfkantig erhalten sind.

Da die Menge dieses kostbaren Materials im Pentelikon noch immer unerschöpflich zu sein scheint, die Beförderungskosten billig sind und seine Lage dicht an der See und an der neuen Eisenbahnlinie den Export begünstigt, verspricht sich die Berliner Firma eine bedeutende Zunahme des Verbrauchs des Pentelischen Marmors in Deutschland[1]).

Nr. 103. Nach Angabe des Garnison-Baubeamten in Worms wird der **Alsenborner Sandstein** durch Schießen und Abkeilen gewonnen. Die Bearbeitung erfolgt mit dem Zweispitz; die fertigen Flächen werden meist geschliffen, seltener nur scharnirt. Der Stein soll nach Gleichmäßigkeit und Gefüge sehr verschiedener Güte sein, in der Bruchfeuchtigkeit zum Theil so weich, daß er mit den Fingern zu zerdrücken ist, zum Theil wieder so hart, daß er, mit dem Zweispitz geschlagen, Funken sprüht. Außer einzelnen eingesprengten Kieseln kommen lagenweise feine Sandadern und vielfach durch den ganzen Stein vertheilt kleine Sandnester

[1]) Weiteres über den Pentelischen Marmor siehe „Deutsche Bauzeitung" Nr. 85, Jahrgang 1897, und „Der deutsche Steinbildhauer und Steinmetz" Nr. 5 und 6, 1898).

vor, welche die Größe von Linsen nicht überschreiten und den bearbeiteten Flächen ein pockennarbiges Aussehen geben. Auch sogenannte Thongallen finden sich zuweilen in dem Steine, doch so selten, daß sich die betreffenden Stücke leicht ausscheiden lassen. Die Farbe der Steine spielt vom gelblichrothen bis in das bläulichrothe; erstere Farbe ist bei den weicheren, letztere bei den härteren Sorten zu treffen, die auch die Kieseleinsprengungen zeigen.

An dem Kasernen-Neubau in Worms ist beobachtet worden, daß bei einzelnen Bauten die aus dem Stein gefertigten Sockelplatten einen weißlichen Ausschlag erhalten und an den so behafteten Flächen staubförmig zerfallen. Da der Baubeamte den Stein nicht für wetterbeständig hält, wird er für die dem Spritzwasser bezw. dem Schlagregen ausgesetzten Sockel und Gesimse oder Deckplatten, welche nicht mit Zinkblech oder sonstwie anders geschützt sind, nicht benutzt.

Der Preis für bearbeitete Steine beträgt etwa 70 M. ab Bruch. Bei dem Kasernenneubau in Worms sind einschließlich des Versetzens 85—90 M. und in letzter Zeit 102,50 M. für 1 cbm bezahlt worden.

Nr. 105. Nach Mittheilung des Bruchbesitzers wird der feinkörnige, graue **Sandstein von Wolfhagen** auf einem mit Eichen bewaldeten Hügel von 10 hessischen Ackern Grundfläche ca. 30 m über dem Erpethal gewonnen. Der feste Felsen steht unter 1 m Abraum, sanft der Berglehne entsprechend ansteigend, in einer Mächtigkeit von etwa 15 m. Unter dem hellgrauen Sandstein liegt eine 1 m starke Thonlage, und hierunter befindet sich noch rother Sandstein, welcher dem Buntsandstein des oberen Weser- und Fuldathales ähnelt. Von der Gewinnung des letzteren wird indessen vorläufig noch abgesehen. Der graue Stein besteht zum Theil aus festen, gewachsenen Lagen, von denen die Werkstücke durch Abschroten gewonnen werden, zum Theil aus sogenannten „Klüften", wovon einzelne ca. 10 cbm Inhalt haben und durch „Stoßen" zu Werkstücken verarbeitet werden.

Der Stein ist zu folgenden Bauwerken verwendet worden:

Auf der Neubaustrecke Volkmarsen-Cassel gewölbter Viadukt bei Wolfhagen 100 m lang, 24 m hoch, und gewölbter Viadukt bei Zierenberg 160 m lang, 18 m hoch; insgesammt sind zu den Bauwerken der Bahnstrecke etwa 12000 cbm verwendet; 500 cbm Werkstücke zum Neubau des Geschäftshauses der Königl. Eisenbahn-Direktion in Cassel; Verblendung der Pfeiler und Gewölbestirnen für eine Cementbetonbrücke am Unterstadtbahnhofe Cassel (3 Oeffnungen von je 25 m Spannweite); zwei Gewölbe der Eisenbahn-Okerbrücke bei Oker a. H. Hauptabsatzgebiete sind neben Cassel und Hannover die Provinz Westfalen, die Städte Essen und Dortmund. Bossirte Werkstücke kosten ab Station Wolfhagen 25—30 M. für 1 cbm.

Nr. 111. Ueber den **Felser Sandstein** theilt der Steinbruchbesitzer Karl Bettendorf in Fels Folgendes mit:

Der unter dem Namen Luxemburger Sandstein bekannte und im Großherzogthum Luxemburg Ernzer Stein genannte Sandstein gehört zur Juraformation und wird in der Sektion Ernzen der Gemeinde Fels gebrochen. Wie aus einer Anzahl der Versuchsanstalt übermittelter photographischer Abbildungen hervorgeht, haben die neu angelegten Steinbrüche sehr bedeutende Ausdehnung. Der Stein wird zu 50—60 Frcs. für 1 cbm frei Waggon verkauft. Seine Wetterbeständigkeit beweisen eine Anzahl alter Bauwerke bezw. die aus dem 12. Jahrhundert stammenden Ruinen einer alten Burg in Fels, deren Architekturtheile, welche der Witterung dauernd ausgesetzt waren, wie die Schießscharten und die kleinen Bögen, welche den östlichen Theil der Thürme verzieren, noch wohl erhalten sind.

Nach Angabe des jetzigen Besitzers ist der Stein bei einer großen Anzahl monumentaler Bauwerke, namentlich in Luxemburg, Belgien, Holland und in der Rheinprovinz, angewendet worden. Es seien genannt das Kloster der barmherzigen Brüder in Trier, das Postamt, der Schlachthof und mehrere Schulen in Aachen, Kirchen in Deutz und Dortmund, das Industriepalais in Amsterdam, eine Brücke in Dommelingen (erbaut 1845), eine Brücke im Wandelpark zu Amsterdam, Bahnhof in Leyden, Delft, La Haye und Schiedam und andere.

Nr. 112, 115, 118, 123. Der **Vogesensandstein** findet nach Angabe des Bruchbesitzers für die meisten Bauzwecke Verwendung; unter Anderen wurde das Material bis jetzt zu folgenden Bauten verwandt: 1. Tunnel und Kunstbauten der Eisenbahnlinie Saargemünd-Mommenhaun (Puberg-Tunnel 1627 m lang); der Eisenbahnlinie Wingen-Münzthal; der Eisenbahnlinie Bessingen-Hargarten; Neue katholische Garnisonkirche Straßburg i. E.; Neues Stationsgebäude Bahnhof Hagenau i. E.; Neues Postgebäude Karlsruhe i. B.; Neue allgemeine Versorgungsanstalt für Baden in Karlsruhe; Neue Lungenheilanstalt in Marzell i. Baden; Amtsgericht in Völklingen; Viele größere Privatbauten und Villen in Elsaß-Lothringen, Baden, Rheinland u. s. w.

Nr. 126. Die in Betrieb befindlichen fünf **Cudowaer Sandstein**-Brüche sind nach Angabe des Besitzers mit dem Thale durch eine 1000 m lange, sehenswerthe Bremsbahn verbunden, womit Lasten bis 350 Centner befördert werden, so daß diese Bremsbahn wohl als größte derartige Anlage Deutschlands gelten kann. Das Material ist von feinem bis mittelfeinem Korn (Quadersandstein der oberen Kreideformation) ohne fremde Beimengungen, von weißer oder grauer oder gelblicher Tönung. Der Stein ist homogen, ohne Lager und in den größten Dimensionen erhältlich, daher als Fassadenstein geeignet. Die bisherige Jahresentnahme war durchschnittlich 1500 cbm, welches Quantum sich aber ohne Schwierigkeit auf das 4—6fache steigern läßt.

Verwendung hat das Material bei folgenden Bauten gefunden: Städt. Bibliothek- und Sparkassengebäude in Breslau, Wohnhäuser in der Kaiser Wilhelm-Straße, Matthias- und St. Dorotheen-Kirche daselbst, Schloßkirche in Marienburg, Leuchtthurm Neufahrwasser, Schloß Camenz i. Schlesien und Bielau bei Neiße, Amtsgericht Zabrze und Lublinitz, Gymnasium Brieg, Maßwerke Elisabethkirche in Breslau, Schloß Gr.-Wartenberg, Kreishaus in Neu-Ruppin u. A. m. Ferner sind in Berlin in neuerer Zeit das Dienstgebäude der Artillerieprüfungskommission, die Georgenkirche und das Geschäftshaus Israel in diesem Material ausgeführt worden.

Außerdem wird der Stein vielfach zu Schleif- und Mühlsteinen, sowie großen Walzen für Glasfabriken und Holzschleifereien verwendet.

Die Bearbeitung der Steine geschieht in Steinmetzwerkstätten am Bahnplatz in Mittelsteine (deutsch-böhmische Zollstation) in Berlin und in Breslau.

Nr. 133. Das von einem anderen Besitzer ebenfalls als **Cudowaer**, aber auch als **Friedersdorfer Sandstein** bezeichnete Material wird aus einem 1889 in Betrieb genommenen Bruche in großen Blöcken (jährlich etwa 2000 cbm) durch Unterhöhlen der 20—30 m hohen Felswände gewonnen. Die oberen zwei Drittel des Felsens werden als untauglich abgeräumt.

Ausgeführt sind von diesem Stein nach Angabe des Besitzers u. A.: Aeußere Fassade vom Mausoleum Kaiser Friedrich in Potsdam; Hauptgesims des Mittelbaues am Reichstagsgebäude und Theil des Kuppelunterbaues; Theile des Reichsversicherungsamtes in Berlin; Mittelbau der Südfront des Reichsgerichts zu Leipzig; 6 groß-

Säulen am Reichspost-Museum in Berlin; Säulenpostamente, Sockelgesims und viele Säulen und Pilaster am Dom zu Berlin (Westfront); Sockel, Basen und Brüstungen, 40 freistehende Säulen und Architrave nebst Attika der geraden Hallentheile am Kaiser Wilhelm-Denkmal in Berlin; Bankhaus Mendelsohn in Berlin, Jägerstraße 50; Eisenbahn-Direktionsgebäude am Hafenplatz in Berlin; Geländer der Kurfürsten- und Friedrichsbrücke in Berlin u. s. w.

Nr. 128. Der **Ruhrkohlensandstein** wurde nach dem Antrage auf Feuerbeständigkeit geprüft, indem von verschiedenen Blöcken zehn Handstücke von etwa Hühnereigröße abgeschlagen, bis zu gleichbleibendem Gewicht getrocknet und in einem Tiegelofen mit Koksfeuerung auf Eisenplatten bis zu annähernd 500 C° erhitzt wurden. Durch die Einwirkung der Hitze war nach $^3/_4$ Stunden die vorher graugrüne Farbe der Proben ins röthlichgraue übergegangen. Zwei Probestücke zeigten je einen feinen Riß, die übrigen waren unverändert. Nach $^3/_4$-stündigem Aufenthalt im Ofen wurden fünf Proben langsam an der Luft, die übrigen plötzlich durch Einsenken in Wasser abgekühlt. Durch das Einwerfen in Wasser erlitten die Proben, unter welchen sich eine mit einem Riß befand, keine weiteren äußerlich wahrnehmbaren Veränderungen. Das Gewicht der an der Luft abgekühlten Proben war von 1,195 kg auf 1,164 kg, das der unter Wasser abgekühlten und nachher wieder getrockneten von 1,152 kg auf 1,125 kg zurückgegangen. Der Gewichtsverlust betrug demnach 2,6 bezw. 2,3 %. Nach völliger Abkühlung aller Probestücke waren die oben erwähnten Risse nicht mehr sichtbar.

Nr. 129. Der **Velpker Kohlensandstein** wird nach Mittheilung eines Berliner Steinmetzmeisters im Tagebau gewonnen und zwar durch Lossprengung der ziemlich horizontal abgelagerten Steinschichten durch Stahlkeile, mitunter auch durch Pulver.

Verwendungszweck: A. Treppenstufen, Podeste, Säulen, Bruchsteinquadern für Fundamente und aufgehendes Mauerwerk zu Hoch- und Wasserbauten, Gully- und Reinigungsbrunnenplatten für Kanalisationsgeschäfte, Pflastersteine, Bordsteine, Grenzsteine, Auflagersteine für Eisenbahn-Drehscheiben und -Brücken mit Eisenkonstruktion. B. Glasofenbausteine, Kollergangsteine für Oelmühlen und Reisschälmühlen, chemische Bassins, welche starken, heißen Säuren zu widerstehen haben.

Absatzgebiet: Für die Artikel unter A nördliches und mittleres Deutschland; als Glasofenbausteine in Deutschland, Rußland, Dänemark, Oesterreich-Ungarn; zu chemischen Bassins in Deutschland und Ungarn; zu Müllereizwecken in Deutschland, Ungarn und China.

Als Stufen sind die Steine verwendet in Hannover: im Polytechnikum (Welfenschloß) 14′ hann. lange Stufen der Freitreppe, Seminar, Kaiser-Wilhelmsgymnasium, alle Volksschulen seit 1882, als Stufen und Säulen im Justizgebäude, Stufen im Krankenhause an der Strangriede, im Neuenhause daselbst; in Hamburg: Treppe am Alsterbassin auf der großen Mundburg, Flurbelag des neuen Rathhauses, Verblendung der Quaimauern der neuen Häfen, z. B. neuer Fluß- und Segelschiffhafen; in Braunschweig: herzogliches Schloß, herzogliches Theater, Museum, Polytechnikum, Landschaftliches Gebäude (die Treppe daselbst liegt über 100 Jahre), neues herzogliches Krankenhaus; in Berlin (Treppen): Joachimsthalsches Gymnasium, Handwerkerschule, Markthalle Zimmerstraße, Gendarmeriegebäude in der Wilsnackerstraße, Pathologisches Institut der Charité; Anhalter Bahnhof (Sockel), Stettiner Bahnhof (Deckplatten), Lehrter Hauptbahnhof, Bergakademie (Sockel); in Stettin: Landhaus; in Göttingen: Universitätsbibliothek und Gymnasium; in Cassel: Erweiterung des Generalkommissionsgebäudes, Neubau Kunstakademie; in Düsseldorf: Generalkommissionsgebäude;

in Münster: Pauliniſches Gymnaſium; in Bückeburg: Schloßbau; in Knyphuſen bei Hage a. d. Nordſee: Schloßbau; in Adelebſen b. Dransfeld: Schloßbau.

Als Pflaſterſteine in faſt allen Städten der Altmark und Lüneburger Heide und auf den Bahnhöfen der Königl. Eiſenbahn-Direktionen Magdeburg und Hannover. In Berlin: Hauptkadetten-Anſtalt Gr.-Lichterfelde, Zentral-Viehhof, Potsdamer Bahn (Ausbau des 3. und 4. Geleiſes).

---

2. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung.

Vom Abtheilungsvorſteher W. Herzberg.

Holzfreies Papier.

Einer Kartenhandlung war ein Kartenpapier als „garantirt holzfrei" geliefert worden. Beim Empfang der Waare prüfte die Abnehmerin das Papier mit ſchwefelſaurem Anilin auf Holzgehalt, wobei eine Gelbfärbung auf das Vorhandenſein verholzter Faſern hindeutete. Die Handlung ſchickte das Papier nunmehr der Verſuchsanſtalt zur Prüfung ein, und die mikroſkopiſche Unterſuchung zeigte, daß das Papier thatſächlich Holzſchliff enthielt. Die Schätzung des mikroſkopiſchen Bildes, ſowie die Vergleichung des Papiers mit Papieren von bekanntem Holzſchliffgehalt ergaben, daß das Kartendruckpapier etwa 20 % Holzſchliff enthielt, alſo nicht vertragsmäßig geliefert war.

Es ſcheint dieſer Fall wieder ein Beiſpiel dafür zu ſein, wie wenig zuweilen ſelbſt die einfachſten Papierprüfungsmethoden bekannt ſind oder angewendet werden. Hätte der Lieferant mit dem erwähnten Papier vor Abgabe deſſelben eine der üblichen Holzſchliffreaktionen ausgeführt, ſo hätte er ſich ſofort davon überzeugt, daß das Papier den vorgeſchriebenen Bedingungen nicht entſpricht.

Tauenpapier.

Eine Papierfabrik ſchickte der Verſuchsanſtalt eine Probe Packpapier ein, die nach Angabe des Einſenders als „Tauenpapier extra Qualität" berechnet und verkauft war. Der Antragſteller theilte hierbei mit, daß häufig unter der Bezeichnung „Tauenpapier" Papiere verkauft werden, welche aus reiner Celluloſe beſtehen.

Bei der Unterſuchung des Papiers ſtellte ſich heraus, daß die eingeſchickte Probe ausſchließlich aus Holzcelluloſe ohne jeden anderen Zuſatz hergeſtellt war. Die Frage des Antragſtellers, ob man gegen Fabrikanten und Händler, welche derartige Celluloſepapiere als Tauenpapiere auf den Markt bringen, nicht mit Erfolg vorgehen könne, konnte die Verſuchsanſtalt in dieſer Allgemeinheit nicht beantworten. Es wird bei einem Vorgehen, etwa auf Grund des Geſetzes gegen unlauteren Wettbewerb, auf die Ausſage der praktiſchen Sachverſtändigen ankommen, was man unter Tauenpapier im handelsüblichen Sinne zu verſtehen hat, und in wie weit die Bezeichnung „Tauenpapier" dem Fabrikanten bei der Herſtellung ſolcher Papiere einen Zwang bezüglich der Auswahl der Rohſtoffe auferlegt. Vielleicht giebt dieſe Mittheilung Veranlaſſung zu einer Ausſprache.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XVI. Jahrgang. **1898.** Sechstes Heft.

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1897/98.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

Personalbestand:

Während des Etatsjahres 1897/98 waren an der Versuchsanstalt thätig: 1 Direktor, 4 Abtheilungsvorsteher, 17 Assistenten, 15 technische Hilfsarbeiter, 1 expedirender Sekretär und Kalkulator, 1 Kanzlist, 5 Kanzleihilfsarbeiter, 1 Anstaltsmechaniker, 4 Gehilfen, 1 Bureaudiener, 13 Handwerker und Arbeiter, 3 Arbeitsburschen.

Vermehrung der Hilfsmittel.

Es wurden beschafft: 1 Zweitonnen-Presse für Biegeversuche, 1 Hauenschildscher Apparat für die Schlämmanalyse, 1 Volumenometer nach Erdmenger, 3 Schlämmapparate 1 Trockenschrank, 2 Ablesefernrohre, 2 Mikroskope, 3 Analysenwaagen, 1 Psychrometer nach Aßmann, 1 Gasglühofen, 1 Rabesche Turbine, 1 Wasserstrahlgebläse, 2 Apparate zur Schwefelbestimmung im Erdöl nach Engler, 1 Pyrometer nach Le Chatelier.

Ferner wurden in Bestellung gegeben: 1 Luftdruckakkumulator und 1 Belastungsapparat für Kontrolstäbe.

Arbeiten der Anstalt.

a. In der Abtheilung für Metallprüfung

wurden insgesammt 327 Anträge erledigt, von denen 23 auf Behörden und 304 auf Private entfallen. Diese Aufträge umfassen 2315 Versuche und zwar unter Anderem:

1361 Zugversuche (331 mit Stahl, 260 mit Eisen, 17 mit Kupfer, 62 mit Legirungen, 69 mit Riemen, 13 mit Drahtseilen, 261 mit Drähten, 44 mit Faser- und Lederseilen, 14 mit Ketten, 18 mit Rohren, 17 mit Linoleum, 100 mit Rohrfasern, 4 mit einer Schmirgelscheibe, 11 mit eingemauertem Bandeisen, 96 Versuche zur Prüfung der Bindekraft — von Linoleumkitt 70, von Holzcement 25, 1 mit einem Material, genannt „Troppau" — 44 mit Konstruktionstheilen).

113 Druck- und Knickversuche (39 mit Betonproben, 16 mit Filz, 22 mit Gußeisen, 5 mit Gummiklötzen, 4 mit Rohren, 8 mit Linoleum, 3 mit Spiralfedern, 3 mit Isolationskörpern, 4 mit einer Schmirgelscheibe, 1 mit einer gußeisernen Säule, 3 mit Hydrantenspindeln, 3 mit Loheplatten, 2 mit Fahrrädern).

80 Biegeversuche (16 mit Gußeisen, 8 mit Messing, 24 mit Trägern, 6 mit Hartgummi, 10 mit Treppenstufen, 7 mit Betonschwellen, 8 mit Rohren, 1 mit einer Tragfeder).
66 Verdrehungsversuche (54 mit Drähten, 12 mit biegsamen Wellen).
19 Scheerversuche mit Nieten.
43 Stauch- und Schlagbiegeversuche (25 mit Gußeisen, 10 mit Stollen für Hufbeschlag, 6 mit Nieteisen, 2 mit Achsen).
48 Härtungsversuche mit verschiedenen Härtungsmitteln.
2 Prüfungen von Zerreißmaschinen.
1 Prüfung eines Spiegelapparates.
23 Versuche auf inneren Druck (22 mit Gewehrläufen, 1 mit einer Gasflasche).
18 Reibungsversuche mit Schmieröl.
233 Technologische Proben (133 Biegeproben, 57 Schmiedeproben, 7 Lochproben, 12 Ausbreiteproben, 4 Bördelproben, 20 Falzproben).
17 Untersuchungen mit Farben.
23 Versuche auf Wasserdurchlässigkeit (20 mit Holzcement, 3 mit Linoleum).
14 Gleitungsversuche mit Riemen.
4 Prüfungen an Fahrradfelgen auf Druck- und Wasserbeständigkeit.
5 Tuschversuche mit Zeichenpapier.
11 Mikroskopische Untersuchungen.
12 Gutachten.
25 Photographische Aufnahmen von Versuchsstücken, ferner
Untersuchungen mit Stahlkugeln auf Gleichmäßigkeit, Rundung und Druckfestigkeit.

Die Belastungsproben mit ganzen Konstruktionstheilen erstreckten sich auf die Prüfung von Deckenplatten und Treppenstufen, von Gelenksteinen aus Beton und Granit, von Federn, biegsamen Wellen, Lenkstangen, Brückengliedern u. s. w.

Die Deckenplatten und Treppenstufen wurden mit gleichmäßig über die obere Fläche des Probestückes vertheilter Belastung geprüft, unter Anwendung einer hydraulischen Belastungsvorrichtung.

Die Prüfung der Gelenksteine aus Beton und Granit auf Druckfestigkeit und der biegsamen Wellen auf Verdrehen bildeten Ergänzungen der gleichartigen Versuche aus dem Vorjahre. Bei den ersteren wurden die Formänderungen wieder an jedem Stück gleichzeitig mit 7 bis 13 Apparaten ermittelt.

Die Versuche mit Gelenkstangen (Pleuelstangen) bezweckten, hölzerne Stangen mit eisernen hinsichtlich ihrer Festigkeit in Vergleich zu stellen. Die Prüfung erstreckte sich auf Knick- und Zugversuche, wobei die Durchbiegungen und Längenänderungen sowohl an der ganzen Stange, als auch an deren einzelnen Abschnitten gemessen wurden.

Die Brückenglieder besonderer Form wurden ebenfalls im Ganzen auf Knickfestigkeit unter Bestimmung des Verlaufs der Formänderungen mit fortschreitender Belastung geprüft, daneben wurden die Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften des verwendeten Materials durch Zugversuche ermittelt. Die Untersuchung hatte den Zweck, die berechneten Festigkeiten der Glieder durch unmittelbare Versuche zu kontroliren und zugleich etwaige schwache Stellen in der Konstruktion aufzudecken.

Die Prüfung der Ketten erstreckte sich sowohl auf Ermittelungen der höchsten Tragfähigkeit der Kettenproben, als auch besonders auf Versuche zur Feststellung der Betriebssicherheit

von Ketten, die bereits in Benutzung gewesen waren. Bei den letzteren werden die Ketten in an einander schließenden Strecken mit vorgeschriebenen Höchstlasten (meist der doppelten Nutzlast) längere Zeit belastet und hierbei wiederholt durch Schläge mit dem Holzhammer erschüttert. Die beim Versuch zu Tage tretenden Mängel, Strecken der Kette, offene Schweißnähte oder gar Anbrüche werden gekennzeichnet, damit die als fehlerhaft befundenen Glieder durch neue ersetzt werden, bevor die Kette wieder in Betrieb genommen wird.

Unter den umfangreichen Versuchen mit Konstruktionstheilen und Material aus dem Fahrradbau mögen hier hervorgehoben sein Belastungsversuche, angestellt an ganzen Rädern mit hölzernen Felgen, sowie an losen Felgen zum Vergleich verschiedener Felgensorten. Die Räder standen beim Versuch, entsprechend der Betriebsinanspruchnahme mit dem aufgepumpten Gummireifen, der um die Felge gelegt war, gegen eine feste Platte und die Belastung griff an die Achse an; die losen Felgen wurden zwischen zwei Platten geprüft. Die Belastungen wurden bis zum Bruch gesteigert und hierbei die fortschreitenden Formänderungen beobachtet.

Wiederholt gelangten Materialuntersuchungen mit Proben aus solchen Konstruktionstheilen zur Ausführung, die im Betriebe schadhaft geworden waren, um den Nachweis zu erbringen, ob die Ursache der Brüche auf mangelhaftes Material zurückzuführen sei. Zu nennen sind hierunter Proben aus einem gebrochenen Schwungrad, einer Schmirgelscheibe, einer kupfernen Rohrwand, die am Bördel rissig geworden war, aus Kesselrohren, aus den Wandungen eines gesprungenen Preßcylinders und andere mehr.

Von den im Vorjahre neu aufgenommenen Untersuchungen beschäftigte die Abtheilung auch in dem abgelaufenen Jahr wieder die Prüfung von Holzcement als Dachbedeckungsmaterial und von Kies und Steinschlag als Straßenbau- und Eisenbahnbettungsmaterial. Die Versuche mit Holzcement bildeten eine unmittelbare Fortsetzung der früheren und bezweckten den Nachweis des Erfolges von Verbesserungen, die auf Grund der ersten Versuchsreihe an dem Material vorgenommen waren.

Die Ausbildung neuer Prüfungsverfahren erheischten Anträge auf Prüfung der Bindekraft von Linoleumkitt nach verschiedener Trocknungsdauer, von Riemen auf Gleitungswiderstand, von Stahlkugeln für Kugellager auf Druckfestigkeit, sowie von Stollen für den Hufbeschlag auf Ritzhärte und Widerstandsfähigkeit gegen Schlag durch Dauerversuche.

Zum Zweck der Patentnahme wurden verschiedene Härtemittel auf ihre Wirkung geprüft und ferner umfangreiche Versuche mit spanischem Rohr angestellt, um zu ermitteln, inwieweit die Festigkeitseigenschaften des Rohres durch die verschiedenartige Behandlung bei Herstellung der Rohrstreifen für Stuhlgeflecht beeinflußt waren.

Im Uebrigen mögen aus den Antragsprüfungen ihres allgemeinen Interesses wegen folgende Untersuchungen besonders hervorgehoben werden:

a) Untersuchungen über die Haftfestigkeit von Cementmörtel an Eisen. Sie wurden mit Bandeisen von etwa 26 mm Breite und 1,2 mm Dicke angestellt, welches zwischen zwei Mauersteinen in die Mörtelfugen eingebettet war. Die Länge der Einbettung betrug 80—235 mm. Die erzielten Festigkeiten, bezogen auf die Größe der Haftfläche, schwankten zwischen 7 und 15 kg/qcm. Die Länge der Einbettung ließ keinen gesetzmäßigen Einfluß auf die Festigkeit erkennen. Die Ergebnisse weichen von der im Baugewerbe als bestehend angenommenen Haftfestigkeit von 40 kg/qcm so beträchtlich ab, daß es nicht angängig erscheint, ohne weitere Versuche über diesen Gegenstand auf 40 kg/qcm Haftfestigkeit zu rechnen.

b) Zugversuche mit sog. „Flachglieder-Drahtriemen", Riemen die aus spiralförmigen Drähten hergestellt waren.

c) Reibungsversuche mit Gemischen aus Oel und Graphit. Die Schmierung wurde schon bei 10 kg/qcm Lagerdruck unvollkommen und die reibenden Flächen waren durch die Schmierung mit dem graphithaltigen Oele beschädigt, sodaß sie nach der Prüfung des letzteren auch bei Schmierung mit reinem Oel größere Reibungswiderstände lieferten, als vorher. Die Beschädigung der geschmierten Flächen kann durch fremde Bestandtheile im Graphit veranlaßt sein.

d) Druckversuche mit Gummi zur Prüfung des Materials auf Verwendbarkeit zu Wagenreifen.

e) Versuche mit 3 Sorten Hartgummi. Die Biegungsfestigkeit schwankte zwischen 2,9 und 4,4 kg/qmm und die Zugfestigkeit zwischen 1,8 und 3,6 kg/qmm.

In 12 Fällen gab die Abtheilung im Anschluß an die ausgeführten Versuche Gutachten ab. Diese betrafen in 6 Fällen die Entscheidung über bedingungsgemäße Lieferung von stählernen Gasbehältern, Konstruktionseisen, Gußeisen, Stahlguß und Drähten. 2 Gutachten erstreckten sich auf Rohre. Die Untersuchung der letzteren erwies das Material als unganz, so daß die Rohre als ungeeignet für den beabsichtigten Verwendungszweck bezeichnet werden mußten.

Untersuchungen von Weißblech für Konservenbüchsen führten zu dem Ergebniß, daß das Material die nöthige Bördelung nur dann ertrug, wenn die Blechränder sauber bearbeitet waren, daß aber die mit der Scheere beschnittenen Ränder beim Bördeln einrissen.

Festigkeitsversuche und Aetzversuche mit einer im Betriebe gebrochenen Welle erwiesen, daß das Material im Kern der Welle unganz und mit Adern durchzogen war. An einzelnen Stellen trat dieser unganze Kernstahl durch den etwa 10 mm breiten dichten Randstahl bis an die Oberfläche hindurch, so daß er zur Bildung tiefer Risse Veranlassung gegeben hatte.

Ein sehr umfangreiches Gutachten betraf eine geschweißte Kette. Durch Festigkeitsversuche wurde nachgewiesen, daß das Material die Eigenschaften guten Schweißeisens besaß, daß die Festigkeit der Kette selbst aber in Folge mangelhafter Schweißung hinter den zu stellenden Anforderungen zurückblieb. Die Schweißnähte waren stellenweise offen, die Schweißflächen oxydirt und das Material erschien an der Schweißstelle zum Theil verbrannt. Aetzproben und mikroskopische Untersuchungen zeigten ferner, daß das Ketteneisen aus verschiedenartigem, theils langfehnigem, theils körnigem (Flußeisen?) Material zusammengeschweißt war.

Unter den größeren Versuchsreihen, welche zur Durchführung gelangten, möge diejenige mit Nickeleisenlegirungen im Auftrage des Vereins für Gewerbefleiß hervorgehoben sein. Sie erstreckte sich auf 13 verschiedene Legirungen und zwar wurde das früher bereits im gegossenen Zustande untersuchte Material (s. Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleiß, 1896, S. 65—84) nunmehr im geschmiedeten und gewalzten Zustande geprüft. Der Bericht über diese Versuche ist in den Verhandlungen des Vereins 1898, Heft VI und VII, erschienen.

Versuche, welche im Auftrage eines Hüttenwerkes mit verschiedenen Profileisen angestellt wurden, führten zu dem auffallenden Ergebniß, daß die Biegeproben, welche im Muffelofen auf etwa 700—750 C° erhitzt und dann in Wasser von 28 C° abgeschreckt waren, fast sämmtlich brachen, während andere Streifen desselben Eisens, die zum Abschrecken im Schmiedefeuer erhitzt waren, sich ohne Bruch vollständig zusammenbiegen ließen, obgleich sie anscheinend höher erhitzt waren. Diese Beobachtung hat Veranlassung gegeben, Versuche zur Feststellung der Ursache einzuleiten.

Von den Untersuchungen im Auftrage der Ministerien wurden fortgeführt: die Dauerversuche mit Eisenbahnmaterialien, die Versuchsreihe II mit blauem Kiefernsplintholz und die Versuche über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Eisensorten gegen Rosten. Zum Abschluß gebracht sind die Untersuchungen über den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Festigkeitseigenschaften von Tannen- und Kiefernholz und die Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeit von Kupfer.

Von den Arbeiten der Abtheilung sind in den „Mittheilungen" 1897 die folgenden veröffentlicht:

1. Untersuchungen über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz.
2. Einfluß des Prüfungsverfahrens auf das Ergebniß der Biegeproben bei niederen Wärmegraden.
3. Voruntersuchungen mit Drähten und Litzen zur Feststellung des Einflusses der Konstruktion auf die Festigkeitseigenschaften von Drahtseilen.
4. Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen.
5. Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurtheilung ihres Werthes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau.

b. In der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Die Inanspruchnahme der Abtheilung für Baumaterialprüfung ist im Rechnungsjahre 1897/98 wieder erheblich stärker gewesen, als im Vorjahre.

Die Anträge betrafen neben der Kontrole von Lieferungen auch in diesem Jahre vielfach neue Erzeugnisse, deren Eigenschaften festzustellen waren, um sie richtig bewerthen oder ihre Fabrikation den Eigenschaften entsprechend ändern zu können. Einige Prüfungsverfahren wurden neu ausgebildet.

Die Abtheilung für Baumaterialprüfung bearbeitete 363 Aufträge mit 17963 Versuchen gegen 297 Aufträge mit 19695 Versuchen im Vorjahre. Die Zahl der Aufträge war somit erheblich höher als im Vorjahre, die Zahl der Einzelversuche aber geringer.

Von den Anträgen entfallen 56 auf Behörden und 307 auf Private.

Auf die einzelnen Staaten entfallen:

Heimath des Antragstellers	Behörden	Private	Zusammen
Preußen ohne Berlin	40	196	236
Berlin	9	54	63
Baden	—	2	2
Bayern	—	6	6
Sachsen	—	6	6
Andere deutsche Bundesstaaten . .	6	27	33
Ausland	1	16	17
Zusammen	56	307	363

Die Anträge von Privaten, namentlich aus Preußen, einschließlich Berlin, haben somit eine beträchtliche Steigerung gegenüber dem Vorjahre erfahren.

Von den ausgeführten Versuchen entfallen:

11222 auf Bindemittel,

6741 auf Steine aller Art und Verschiedenes.

Die Zahl der Versuche mit Bindemitteln ist etwas kleiner als im Vorjahre, während sich die Zahl der Versuche mit Steinen u. s. w. nahezu verdoppelt hat.

Auf Grund der 363 Aufträge wurden geprüft: 140 Cemente, 60 Bruchsteinsorten, 64 Ziegelsteinsorten, 17 Betonmischungen, 30 Fußbodenbeläge (Cement- und Thonplatten), 22 Arten künstliche Steine (ohne Ziegel), 13 Kalkarten, 12 Arten von Dachziegeln, 2 Kalk-Traßmörtel, 24 Sand- und Kiesarten, 5 feuerfeste Thone, 5 Arten Thonröhren und 1 Art Cementröhren, 3 Arten Dachschiefer, 3 Arten Linoleum, 2 Arten Magnesitwaaren, 10 Arten Gips- und Schwemmsteine, 4 Arten Kunstholz (Fußbodenplatten), 3 Arten Korksteine, 28 Deckensysteme, 15 verschiedene Materialien (Pfeiler, Dichtungsmaterial, Asbestcement, Draht-Glasplatten, Glasbausteine, Cement-Kaminsteine und Schlacken).

Insgesammt 463 Baustoffe gegen 328 im Vorjahre.

Neueingeführt wurde die Prüfung der Hammerapparate (Bauart Böhme) und der dazu gehörigen Formen (Bauart Martens).

Eine bedeutende Steigerung gegen das Vorjahr zeigt die Zahl der geprüften Bruchsteine, Ziegel und sonstiger künstlicher Steine. Auch die Zahl der Cementprüfungen hat sich vermehrt und die übrigen Prüfungen sind ungewöhnlich zahlreich und mannigfaltig gewesen.

Erheblich stärker als im Vorjahre wurde die Versuchsanstalt durch die Prüfung von Decken verschiedener Systeme auf Tragfähigkeit bei gleichmäßig vertheilter Last beansprucht. Während früher bei Gesuchen um generelle Genehmigung bestimmter Deckenkonstruktionen die Baupolizeibehörden von Berlin und Charlottenburg den Unternehmern aufgaben, die Tragfähigkeit ihrer Decken durch Belastungsversuche auf beliebigen Bauten nachzuweisen, sind sie neuerdings dazu übergegangen, die Unternehmer zwecks Anstellung derartiger Prüfungen an die Versuchsanstalt zu verweisen, um eine gewisse Gewähr für gleichmäßige Versuchsausführung und Registrirung der Versuchsergebnisse zu haben.

In der Versuchsanstalt sind demgemäß zahlreiche Belastungsproben an Deckenstücken ausgeführt worden, von denen immer je drei gleichartige auf niedrigen Unterstützungsmauern zwischen I-Träger aufgebaut und entweder als frei aufliegende Platten ohne Versteifungen der Träger, oder als eingespannte Gewölbstücke unter Verankerung der Träger gegen einander mit möglichst gleichmäßig vertheilter und in sich beweglicher Last bis zum Bruch geprüft wurden.

Auf diese Weise sind im Berichtsjahre Viktoriadecken, Hansadecken, Kleinesche Decken, massive Steindecken (System Beny) und armirte Cementdecken in Spannweiten bis zu 5 m und mit verschiedenartigen Eiseneinlagen geprüft worden. Nur zum kleinsten Theile dienten diese Versuche dazu, den Erfinder selber über die zweckmäßigste Anordnung von Steinen, Bindemittel und Eisen aufzuklären, zumeist bezweckten die Versuche den Nachweis der Tragfähigkeit den Baupolizeibehörden gegenüber.

Eine starke Zunahme hat auch, wie bereits erwähnt, die Prüfung der künstlichen Bausteine erfahren. Gyps- und Schwemmsteine sind früher niemals in so großer Zahl auf Druckfestigkeit untersucht worden; namentlich hat die Prüfung der Schlackensteine und der sogenannten Kalksandsteine gegen das Vorjahr wieder zugenommen.

Die Fabrikation der letzteren ist erst neueren Datums und bezweckt, einen billigen Ersatz für Ziegel in solchen Gegenden zu liefern, in welchen Ziegelthon nicht gefunden wird, guter feiner Sand aber ausreichend vorhanden ist. Einige der eingereichten Cement- und Kalksandziegel haben sich nicht als frostbeständig erwiesen, andere dagegen zeigten befriedigende Festigkeit und ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse.

Wiederum wurde die Anstalt in verschiedenen Fällen zur Ermittelung der Ursachen in Anspruch genommen, auf welche die mangelhafte Beschaffenheit bereits verwendeter Mörtel oder

Betonmassen zurückzuführen war. Zuweilen ließ sich aus der nachträglichen Ermittelung der Mörtelzusammensetzung und aus der Beschaffenheit der aus dem Mörtel oder dem Beton isolirten Grundstoffe feststellen, weshalb die Erhärtung einen unbefriedigenden Verlauf nahm. In den meisten Fällen war dies aber nicht mehr möglich. Mancherlei große Unzuträglichkeiten hätten vermieden werden können, wenn die Untersuchung der Baustoffe rechtzeitig, d. h. vor ihrer Verwendung beantragt worden wäre.

Eine umfangreiche Untersuchung wurde im Berichtsjahre fortgeführt zu dem Zwecke, die Eigenschaften der zum Bau einer Thalsperre in Thüringen zur Verfügung stehenden Materialien festzustellen, so daß hiernach eine richtige Auswahl der Baustoffe, die zum größten Theile an der Baustelle selbst gefunden werden, getroffen werden kann. Die Untersuchung bezweckt ferner die Ermittelung der dichtesten und zugleich festesten Mörtel aus einer beschränkten Anzahl von Mörtelbildnern, welche für den Bau in Frage kommen.

Besondere Schwierigkeiten verursachte hierbei die Verwendung des auf der Baustelle gewonnenen Sandes, der sich als ein Verwitterungsprodukt porphyrischer Gesteine darstellt, und dem es namentlich an feinsten Theilen gebricht, wodurch es schwierig ist, aus ihm wasserdichte Mörtel herzustellen.

Auf die richtige Auswahl von Sand und Kies zur Mörtel- und Betonbereitung waren andere Versuche gerichtet.

Die Untersuchung einer größeren Anzahl von Kiessorten auf ihre Eigenschaften ergab, daß die Kiese, die sämmtlich für einen bestimmten Zweck angeboten waren, ganz außerordentliche Verschiedenheiten aufwiesen. Beispielsweise hatte der eine Kies 0,21 % abschlämmbare Bestandtheile, ein anderer 4,04 %. Der eine Kies hatte auf 1 l nur 210, der andere 380 ccm Hohlräume, die mit Bindemittel gefüllt werden mußten. Die nach den Versuchen am geeignetsten erscheinenden Kiessorten wurden ausgewählt und mit Cement zu Mörteln verarbeitet, aus welchen Würfel von 100 qcm Fläche gestampft und auf Festigkeit geprüft wurden.

Auch hierbei ergaben sich wesentliche Unterschiede; die erhaltenen Druckfestigkeitswerthe nach 7 Tagen Alter schwankten zwischen 125 und 197 kg/qcm. Hiermit war erneut der Beweis geliefert, daß die richtige Auswahl von Sand und Kies von weit größerer Bedeutung für die Festigkeit des Mörtels und Betons ist, als vielfach angenommen wird.

Von den zahlreichen, aus dem Rahmen der üblichen Prüfungen herausfallenden Materialuntersuchungen seien nur die folgenden hervorgehoben.

Ueber die Verwendbarkeit von Schlackensteinen zum Mauerwerk gaben Versuche Aufschluß, welche mit Mauerpfeilern aus solchen Steinen angestellt wurden, und welche bewiesen, daß diese Steine u. U. mit dem Mörtel gut binden und ein Mauerwerk von erheblicher Festigkeit liefern können.

Ueber die Feuersicherheit von Loheplatten und sogenannten „Stabilitas-Bauplatten" wurden besondere Versuche ausgeführt, bei denen die Platten der Einwirkung eines hellen Holzfeuers ausgesetzt waren, ohne in Brand zu gerathen.

Den Vergleich verschiedener Fußbodenmaterialien, Eichenholzparkettstäbe und künstlicher Parketttafeln aus Linoleum, bezweckten Versuche, die sich auf Abnutzbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und andere Flüssigkeiten erstreckten und welche die Parketttafeln als einen brauchbaren Fußbodenbelag erwiesen.

Asbestcement wurde auf Wasserdurchlässigkeit geprüft. Die aus ihm hergestellten kreisrunden Kuchen widerstanden nach 28 Tagen einem Wasserdruck bis zu $2^1/_2$ Atmosphären ohne Wasser durchzulassen.

Besondere Versuche wurden über die Widerstandsfähigkeit von Glasbausteinen (System Falkonier) gegen Feuereinwirkung angestellt. Die Bausteine waren mit Draht zu großen Tafeln vereinigt, die eine Stunde lang starker Feuerwirkung ausgesetzt wurden, so daß die Unterseiten der Platten zu schmelzen begannen. Trotzdem bewirkte selbst plötzliches Begießen mit kaltem Wasser keine völlige Zerstörung der Platten, die ihren Zusammenhang bewahrten.

Auf Wärmedurchlässigkeit wurden Kaminsteine geprüft, welche aus Cement hergestellt waren und Ersatz für gemauerte Schornsteine bieten sollten. Die durch die Steine strahlende Wärme wurde während 2 Tagen gemessen.

Umfangreiche Prüfungen erstreckten sich auf den Vergleich von 9 Asphaltsorten, die zur Straßenpflasterung Verwendung finden sollen. Die Untersuchung ergab, daß die einzelnen Sorten recht verschiedene Eigenschaften aufwiesen, die sie mehr oder weniger für den beabsichtigten Zweck geeignet machen.

Seitens der Gerichte wurde die Versuchsanstalt im Berichtsjahre in 7 Fällen in Anspruch genommen.

In einem Falle handelte es sich um die Klage eines Fleischermeisters, der in einem Kühlkeller die Wände mit Korksteinen isolirt hatte. Trotzdem die Korksteine verputzt waren, machte sich im Kühlraum ein unangenehmer, anscheinend von dem Imprägnirungsmaterial der Korksteine herrührender Geruch bemerkbar. Da die bauausführende Firma bestritt, daß der Geruch von den Korksteinen herrühre, wurde die Versuchsanstalt veranlaßt, Versuche über die Durchlässigkeit von Putzmörtel für gewisse Gase anzustellen, wobei festgestellt wurde, daß selbst dichte Putzmörtel bei Anwesenheit von Feuchtigkeit für Gase durchlässig sind.

In zwei Gerichtssachen handelte es sich um gebrochene Schmirgelscheiben, die beim Zerspringen Unfälle verursacht hatten und deren Eigenschaften festzustellen waren.

In zwei weiteren Fällen waren Magnesitwaaren als nicht wetterbeständig und nicht zweckentsprechend beanstandet worden. Hierbei handelte es sich einmal um Viehtröge aus Magnesit, die Frostschäden erlitten hatten und von den im Futterstoff vorkommenden organischen Säuren stark angegriffen waren. Da die liefernde Firma dies bestritt, wurde die Versuchsanstalt mit der Prüfung der Tröge beauftragt. Hierbei ergab sich, daß die Tröge thatsächlich nicht frostbeständig und auch nicht widerstandsfähig gegen organische Säuren waren. Die Wetterbeständigkeit von Magnesitplatten konnte auf Grund dahingerichteter Versuche nur als eine bedingte bezeichnet werden, da gewisse Theile der Platten vom Wasser gelöst wurden.

Schließlich wurde vom Gericht ein Gutachten über einen Betonfußboden und über ein Ziegelmaterial eingefordert; die Ziegel sollten zu Verblendzwecken benutzt werden, waren aber hierzu ungeeignet, dagegen brauchbar als Hintermauerungssteine.

Versuche in besonders großem Umfange wurden nur vereinzelt beantragt. Außer den bereits erwähnten Prüfungen der Baumaterialien für eine Thalsperre, von Asphaltproben und Deckenkonstruktionen erstreckten sich umfangreiche Untersuchungen auf Prüfungen von Dachfalzziegeln und auf Bindemittel, namentlich auf Betonprüfungen für Museumsneubauten.

Schließlich nahm einen großen Theil der Thätigkeit der Abtheilung die Vervollkommnung der Cementprüfungsapparate, insbesondere die Ausbildung von Steinbrücks Mörtelmischer und die Aufsuchung von Fehlerquellen beim Cementprüfungsverfahren in Anspruch.

Auch zum Zwecke der geplanten Abänderung der Prüfungsnormen für Portlandcement sind wieder umfangreiche Versuchsreihen ausgeführt worden.

Die im Vorjahre begonnenen Versuche mit Cementmörteln und Betonmischungen bei Erhärtung in Leitungswasser, in eisenhaltigem Wasser und in Moorwasser, ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten, wurden fortgesetzt.

Ebenfalls fortgesetzt wurden die Versuche über die Zuverlässigkeit der sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, wobei sich die früher schon gemachten Erfahrungen bestätigten, daß die bisher bekannt gewordenen sogenannten beschleunigten Proben scheinbar kein zuverlässiges Urtheil über die Raumbeständigkeit der Mörtel bei Verwendung in der Praxis zulassen.

Von den zahlreichen werthvollen Versuchsergebnissen konnte nur ein kleiner Theil veröffentlicht werden und zwar hat der Abtheilungsvorsteher im Berichtsjahre folgende Arbeiten bekannt gemacht:

1. Cementuntersuchungen aus dem Betriebsjahre 1896/97. Eine Zusammenstellung der im laufenden Dienst ausgeführten Cementprüfungen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der Cemente gegenüber den beschleunigten Raumbeständigkeitsproben.

   Im Anschluß an diese Veröffentlichung ist der Versuch gemacht worden, durch Umfrage bei einer Reihe von Antragstellern einiges über die Erfahrungen der Praxis mit den durch die Prüfung verdächtigten Cementen zu ermitteln. Die Nachfrage ergab, daß unter 10 durch die beschleunigten Raumbeständigkeitsproben als verdächtig gekennzeichneten Cementen keiner war, der bei Verwendung in der Praxis zunächst innerhalb 7 Monaten Beobachtungszeit in Bezug auf Raumbeständigkeit zu Beanstandungen Veranlassung gegeben hätte.
2. Kleine Mittheilungen. Prüfungen alter Mörtel aus dem Mittelthurme der Marienkirche zu Mühlhausen.
3. Eine Abhandlung über die Ursachen der Abweichungen in den Festigkeitsergebnissen bei der Cementprüfung an verschiedenen Orten.

c. In der Abtheilung für Papierprüfung

wurden 857 Anträge erledigt, von denen 435 auf Behörden und 422 auf Private entfallen. Sie umfassen die Prüfung von 1512 Papiersorten, 62 Stoffproben (Segeltuch, Zeltstoffe, Leinewand, künstliche Verbandstoffe, Seidenbänder, Regenmäntel- und Bettunterlagenstoffe), 4 Strohstoffen, 4 Holzschliffproben, 4 Kartendruckleinen, einer Probe Grüngold, eines Zugfestigkeitsprüfers, eines Knitterapparates. Die Anzahl der geprüften Objekte ist gegen das Vorjahr um mehr als 100 gewachsen.

Von den 857 Anträgen gingen 32 aus dem Auslande ein. Auf die verschiedenen Länder vertheilen sich diese wie folgt:

Oesterreich-Ungarn	9	Anträge	mit 10	Papieren,	11 Torfpapieren, 1 Gutachten.
Schweiz	8	„	„ 15	„	1 Probe Blattgold.
Holland	5	„	„ 8	„	
Frankreich	4	„	„ 4	„	
Schweden	2	„	„ 8	„	
Norwegen	1	„	„ 1	„	
Dänemark	1	„	„ 1	„	
England	1	„	„ 1	„	
Rußland	1	„	„ 1	Stoffprobe.	

Die Untersuchung der 1512 Papiere bezweckte in den meisten Fällen die Feststellung ihrer Stoff- und Festigkeitsklassen behufs Einreihung in eine der Verwendungsklassen. Bei den übrigen Papieren wurden einzelne Eigenschaften oder Gruppen von Eigenschaften für besondere Zwecke festgestellt.

Auf die verschiedenen Ansätze der Gebührenordnung vertheilen sich die ausgeführten Prüfungen wie folgt:

I. Papierprüfungen.

Ansatz	313[1])	786	Papiere.
„	300 (Festigkeit und Dehnung)	172	„
„	301 (Widerstand gegen Zerknittern)	219	„
„	302 (Aschengehalt)	71	„
„	305 (Dicke und Gewicht)	7	„
„	306 (Verholzte Fasern)	5	„
„	307 (Bestimmung der Art der verholzten Fasern)	3	„
„	308 (Schätzung der Menge des Holzschliffs nach Herzberg)	8	„
„	309 (Mikroskopische Untersuchungen)	56	„ 11 Papierstoffe, 24 Faserstoffe.
„	310 (Schätzung des Mengenverhältnisses der Faserarten)	114	Papiere, 3 Halbstoffe, 4 Papierstoffe.
„	311 (Verschiedenartige Untersuchungen, theils chemischer, theils physikalischer, theils mikroskopischer Natur)	71	Papiere, 4 Holzschliffe, 1 Probe Grüngold.
„	116 (117) (Mikrophotographische Aufnahme)	4	Papierstoffe.

II. Stoffprüfungen.

Ansatz	314 (Festigkeit und Dehnung in Kette und Schuß)	8	gewebte Stoffe verschiedener Art.
„	316 (Bestimmung des Aschengehaltes)	2	gewebte Stoffe verschiedener Art.
„	317 (Bestimmung der Faserart in Kette und Schuß)	37	gewebte Stoffe verschiedener Art, meist Segeltuche.
„	319 (Bestimmung der Fadenstellung)	2	Seidenbänder.
„	320[2])	13	gewebte Stoffe verschiedener Art.

III. Apparatprüfungen.

„	108	1	Zugfestigkeitsprüfer (Bauart Schopper), 1 Knitterapparat (Bauart Schopper).

[1]) Vollständige Untersuchung eines Papiers nach den Ansätzen 300, 301, 302, 309 und auf Leimfestigkeit.

[2]) Untersuchung eines Stoffes auf Schlichte, Stärke, Farbe, Wasserdurchlässigkeit u. s. w.

Von den zu Ansatz 311 ausgeführten Untersuchungen seien einige besonders erwähnt.

Eine Papierfabrik war mit der Zollbehörde in Streit gerathen bezüglich der Verzollung eines Pergamentersatzpapiers, das von der Zollbehörde als echtes Pergamentpapier angesehen worden war. Durch die Untersuchung wurde festgestellt, daß es sich nicht um ein echtes, sondern um sogenanntes imitirtes Pergamentpapier handelte.

Bei Untersuchung zweier Proben Zeichnenpapier (von denen die eine deutsches, die andere englisches Fabrikat war) auf Zeichnen-, Tusch-, Wasch- und Radirfähigkeit zeigten sich beide Papiere als nahezu gleichwerthig.

Im Auftrage einer Fabrik technischer Papiere wurden ein Paus- und ein Lichtpauspapier unmittelbar nach Eingang der Proben bei der Versuchsanstalt und zum zweiten Male ein Vierteljahr später auf Festigkeit untersucht. Beide Prüfungen lieferten annähernd dieselben Ergebnisse, sodaß der Nachweis erbracht war, daß die präparirten Papiere durch vierteljährliches Lagern ihre Festigkeitseigenschaften nicht wesentlich verändert hatten.

Von einer ausländischen Firma wurde ein Regenmantelstoff eingereicht mit dem Antrage, Versuche darüber anzustellen, ob der Stoff wasserdicht sei. Bei der Prüfung zeigte sich, daß der Stoff von Wasser sehr bald vollständig durchnäßt wurde und das durchtropfende Wasser tief blauschwarz gefärbt war.

Drei im Auftrage einer Papierfabrik untersuchte Pergamynpapiere lieferten interessante Beispiele dafür, daß bei hohen Werthen für die Festigkeit der Widerstand gegen Zerknittern sehr niedrig sein kann. Die 3 Papiere hatten rund 6000 m Reißlänge, aber nur einen „geringen" Widerstand gegen Zerknittern; die mittlere Dehnung betrug rund 2 %.

Gutachten wurden insgesammt 4 abgegeben, 2 auf Antrag von Behörden und 2 auf Antrag von Privaten. Bei den beiden ersten handelte es sich darum, unter Angeboten von Schreib- und Zeichnenheften eine zweckentsprechende Auswahl zu treffen, sowohl im Hinblick auf die Güte des verwendeten Papiers als auch auf den geforderten Preis. Bemerkenswerth war hierbei, daß die den Heften beigegebenen Löschblätter fast durchweg von sehr geringer Güte waren und als für den Schulgebrauch nicht ausreichend angesehen werden mußten.

Bei den für Private abgegebenen Gutachten handelte es sich in dem ersten Falle um die Beurtheilung einer bestimmten Torfsorte als Rohmaterial zur Herstellung von Papier ohne Beimengung eines anderen Faserstoffes. Nach den mikroskopischen Untersuchungen und nach im Kleinen ausgeführten praktischen Versuchen mußte das Material als gänzlich ungeeignet zur Herstellung von Papier bezeichnet werden. Im zweiten Falle handelte es sich um dieselbe Frage bezüglich eines aus den Blättern einer tropischen Pflanze gewonnenen Fasermaterials. Hier zeigten die ausgeführten Versuche die Möglichkeit, aus dem Stoff Papier ohne Zusatz einer anderen Faser herzustellen.

5 Volontaire wurden im Etatsjahr 1897/98 in der Abtheilung für Papierprüfung ausgebildet; von diesen waren drei aus Deutschland, einer aus der Schweiz und einer aus Italien. Letzterer leitet zur Zeit die Mailänder Papierprüfungsanstalt.

Von den durch Ansatz 500 und 501 der „Vorschriften" gewährten Preisermäßigungen machten insgesammt 4 Firmen Gebrauch und zwar 2 Fabriken und 2 Handelsfirmen. Die eine Fabrik ließ ihre Papiere vorzugsweise auf Festigkeit und auf Widerstand gegen Zerknittern, die zweite ausschließlich auf Widerstand gegen Zerknittern prüfen. Für die beiden Handelsfirmen wurden vorzugsweise vollständige Papierprüfungen nach Ansatz 313 der Gebührenordnung ausgeführt.

4 neue Wasserzeichen sind im Rechnungsjahr 1897/98 angemeldet worden. Die angemeldeten Firmen und der Wortlaut des Wasserzeichens sind im Reichsanzeiger und in den Papierfachschriften veröffentlicht worden.

Auf Grund des erweiterten § 9 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" erhielten 27 Papierfabriken Mittheilungen über die mit ihrem Papier im Auftrage von Behörden ermittelten Versuchsergebnisse.

Der § 9 ist bekanntlich in der Weise erweitert worden, daß jedem Papierfabrikanten auf seinen Antrag die Ergebnisse mitgetheilt werden können, welche bei Prüfung seiner Papiere im Auftrage von Behörden gewonnen werden. Für jede derartige Mittheilung sind M. 2.— Gebühren zu entrichten.

Diese auf Antrag des Vereins deutscher Papierfabrikanten getroffene Einrichtung findet immer mehr Anklang und nach Aeußerung verschiedener Fabriken ist für sie die Mittheilung dieser Prüfungsergebnisse für ihren Fabrikationsbetrieb überaus werthvoll. Es geht dies auch wohl daraus hervor, daß die Gesuche um Uebermittelung der Versuchsergebnisse nach Erschöpfung des gezahlten Vorschusses stets wieder erneuert worden sind und noch nicht eine Fabrik auf fernere Mittheilungen verzichtet hat.

Insgesammt sind im Betriebsjahr 1897/98 375 solcher Mittheilungen an die erwähnten 27 Fabriken versandt worden, wohl ein Beweis dafür, welchen Anklang diese Einrichtung gefunden hat und welcher Werth ihr seitens der betreffenden Fabrikanten beigelegt wird.

Auffällig ist die Erscheinung, daß immer noch von Behörden Papiere ohne Wasserzeichen zur Prüfung eingereicht werden, obwohl die amtlichen Vorschriften nunmehr seit 5 Jahren die Verwendung von Papieren mit Wasserzeichen vorschreiben. Unter den Papieren ohne Wasserzeichen finden sich vorzugsweise solche von geringer Güte. So wurden im Auftrage einer Behörde 4 Papiere (1 Kanzlei-, 2 Konzept- und 1 Briefpapier) untersucht, von denen das erstere nach seiner Festigkeit und Stoffmischung zur Klasse $4\underline{\underline{a}}$ zu rechnen war. Die übrigen drei entsprachen nicht einmal den Bestimmungen der Klasse $4\underline{\underline{b}}$ und mußten daher als zur Verwendung für Akten ungeeignet bezeichnet werden. Das Briefpapier beispielsweise hatte einen „sehr geringen" Widerstand gegen Zerknittern und einen Aschengehalt von 16 %.

Erwähnt sei noch, daß im Auftrage einer Behörde ein Druckpapier $8\underline{\underline{a}}$ untersucht wurde, welches statt aus reinen Lumpen vorzugsweise aus Stroh- und Holzcellulose bestand und nur einen kleinen Zusatz von Baumwolle enthielt. Der Aschengehalt betrug 19,3 % statt des zulässigen von 10 %. Auch hinsichtlich der Reißlänge und des Widerstandes gegen Zerknittern genügte das Papier den Bedingungen nicht.

Die aus der Abtheilung hervorgegangenen wissenschaftlichen Arbeiten, und zwar

1. Alte Papiere.
2. Normalpapiere.
3. Kleine Mittheilungen:

(a. Durchlässige Stellen im Papier, b. Imitirtes Leder aus japanischem Papier, c. Stoffprüfung, d. Festes Packpapier)

sind in den „Mittheilungen 1897" veröffentlicht worden.

d. In der Abtheilung für Oelprüfung

wurden im verflossenen Jahre zu 326 Anträgen 555 Fette, Oele und verwandte Materialien, bezw. Apparate zur Oelprüfung untersucht (gegen 167 Anträge mit 402 Proben im Vorjahre). Zu den im Berichtsjahre von Behörden gestellten 215 Anträgen mit 370 Proben

wurden geprüft 348 Mineralöle (zumeist dunkle Oele zum Schmieren der Eisenbahnfahrzeuge), 5 verseifbare Oele und Fette, 14 Gemische von Mineralöl mit fettem Oel und 3 konsistente Fette. Die im Auftrage von Privaten erledigten 111 Anträge betrafen 185 Proben bezw. Apparate, davon 125 Mineralöle (3 Proben Petroleum und 2 Proben Bergtheer eingerechnet), 21 verseifbare Fette und Oele (3 davon rein animalische Fette), 30 Gemische von Mineralöl mit verseifbarem Fett, 3 konsistente Fette, 3 Oelfarben, 2 Rückstände pech- bis asphaltartiger Natur, die sich im Cylinder und Schieber von Schieberluftpumpen bezw. Luftförderungsmaschinen ganz oder zum Theil aus dem zur Schmierung benutzten Oel gebildet hatten, und 1 Flammpunktsprüfer. Von den letzterwähnten 111 Anträgen entfallen 8 auf das Ausland, und zwar 3 auf Belgien, je 2 auf Rußland und Oesterreich und 1 auf Schweden. An 13 der ausgestellten Prüfungszeugnisse wurden auf Wunsch der Antragsteller Gutachten angeschlossen (4 für Behörden, 9 für Private).

Die Gutachten dienten zum Theil der Belehrung der Antragsteller über die Güte und Brauchbarkeit der eingereichten Materialien, zum Theil als Unterlage für die Entscheidung gerichtlicher oder zolltechnischer Streitigkeiten.

Aus den Antragsprüfungen sei noch Folgendes hervorgehoben:

Nachdem im Laufe der letzten Jahre eine Anzahl inländischer Mineralöldestillationen und Raffinerien, welche ausländisches und deutsches Erdöl verarbeiten, neu entstanden ist, haben sich auch die Aufträge deutscher Fabriken auf Untersuchung von Eisenbahnschmierölen vermehrt.

Ein aus Schweden stammendes thranartiges Abfallöl wurde hinsichtlich seiner Schmiereigenschaften in physikalischer und chemischer Hinsicht, sowie auf der Oelprobirmaschine mit mehreren Mustern handelsüblicher, zu Schmierzwecken dienender Baumöle in Vergleich gestellt.

Von einem mit etwa 10 % fettem Oel versetzten wasserhaltigen Gasmotorenöl, welches einen Fettsäuregehalt von 0,04 % (als SO_3 berechnet) zeigte, und von einem säurefreien Mineralöl, welches nur geringe Mengen eines ganz neutralen, nicht öl- oder fettartigen Verdickungsmittels enthielt, wurde das Angriffsvermögen auf Messing- bezw. Messing-Gußeisen- und Stahlplatten bestimmt. Die mit dem Gasmotorenöl behandelten Messingplatten zeigten nach einmonatlicher Einwirkung des Oeles bei Zimmerwärme merkliche Veränderungen im Gewicht. Das säurefreie Maschinenöl zeigte auch bei längerer Zeitdauer der Versuche weder bei Zimmerwärme noch bei 50 C° eine Einwirkung auf die erwähnten Metallplatten.

Bei zwei zur Linoleumfabrikation benutzten zuverlässig reinen Leinölen, von denen sich das eine nach den gewonnenen Betriebserfahrungen für den genannten Zweck weniger eignete als das andere, sollte ermittelt werden, ob sich auf dem Wege der chemischen Untersuchung z. B. durch Ausführung von Oxydationsversuchen im Laboratorium, gleichfalls ein Qualitätsunterschied zwischen beiden Oelen im Sinne der Betriebsresultate feststellen ließ. Das Untersuchungsergebniß deckte sich mit den von der Fabrik festgestellten Resultaten.

Eine Probe eines im Auslande hergestellten, zur Walzenschmierung dienenden konsistenten Fettes wurde im Auftrage einer inländischen Fabrik, welche die Herstellung des Fettes beabsichtigt, auf ihre Zusammensetzung geprüft.

Die oben erwähnten Bergtheere wurden auf die aus denselben zu gewinnenden Mengen von Petroleum, Schmieröl und Coke-Rückstand untersucht, der Prüfungsbefund sollte bei günstigem Ergebniß umfangreicheren Bohrungen zu Grunde gelegt werden.

Bei den in den Schieberluftpumpen gefundenen, zum Theil unter explosionsartigen Erscheinungen entstandenen Pechrückständen waren Untersuchungen darüber auszuführen, in

wie weit sich diese Rückstände etwa aus dem zur Schmierung der Maschinen benutzten Oele gebildet hatten.

Von den der Versuchsanstalt zur Entscheidung vorgelegten Zollstreitigkeiten betraf der eine Fall die Untersuchung der Konsistenz eines Mineralcylinderöls bei + 15 C°. Gleichzeitig sollte von der Anstalt ein Gutachten über das zollamtlich verwendete Verfahren zur Prüfung der Konsistenz abgegeben werden. Von dem Ergebniß der Prüfung hing die nach Maßgabe des Zolltarifs in Anwendung zu bringende Höhe der Taraberechnung ab. Die Prüfung ergab im Einklang mit ähnlichen, früher an anderen Cylinderölen gemachten Beobachtungen[1]), daß die Proben bei ein und demselben Wärmegrad verschiedenartige, d. i. tropfbar flüssige oder nicht flüssige salbenartige Beschaffenheit zeigten, je nach der Weite der benutzten Probegläser und der Art der Vorbehandlung (ruhige Abkühlung des erwärmten Oeles auf die Versuchswärme, oder Bewegung des Oeles vor dem Versuch in der Nähe der Versuchswärme), und daß in diesen Umständen die Ursache der abweichenden Ergebnisse der Vorprüfungsstellen lag. Daher wurden seitens der Anstalt bestimmte Vorschläge für die Vorbehandlung der Proben, die Abkühlungsdauer und die anzuwendende Gefäßweite gemacht.

Der zweite zur Entscheidung vorgelegte Zollstreit betraf die Frage, ob ein dunkles Mineralöl als ein nach Nr. 29b des Zolltarifs zu behandelndes Schmieröl oder als ein nach Satz 29a zu verzollendes Rohprodukt anzusehen sei.

Die wissenschaftlichen Arbeiten der Abtheilung erstreckten sich auf folgende Punkte:

Das für die Untersuchung der Mineralschmieröle ausgearbeitete Verfahren zur Paraffinbestimmung mittelst Alkohol-Aether wurde weiterhin darauf geprüft, in wie weit es sich zur Untersuchung von Hart- und Weichparaffinmassen und Destillaten der Braunkohlentheerfabrikation eignet. In Verbindung mit diesen Prüfungen wurde eine Reihe in- und ausländischer Hart- und Weichparaffine aus Rohpetroleum und Braunkohlentheer auf ihren Schmelzpunkt und ihre Verdampfbarkeit bei 100—105° untersucht, nachdem in letzterer Eigenschaft Eisenlohr eine erhebliche Fehlerquelle der Paraffinbestimmungen erblickt hatte. Auch das von Aisinman vorgeschlagene Alkoholverfahren zur Bestimmung des Paraffins in Mineralölen wurde einer nochmaligen Prüfung hinsichtlich seiner Verwendbarkeit für Untersuchung von Paraffinmassen unterzogen. Die erzielten Ergebnisse sind in Heft 2 der „Mittheilungen" 1898 veröffentlicht.

Weiterhin sind neuerdings Untersuchungen verschiedener Roherdöle auf ihren Paraffingehalt eingeleitet worden. Bei diesen Versuchen wurden diejenigen Abänderungen angewendet, welche in den neuen Vorschlägen des Reichskanzlers für die Zolltarifirung von Mineralölen in Bezug auf die Paraffinbestimmung nach dem Alkohol-Aetherverfahren empfohlen worden sind.

Bei den Bestimmungen der Jodzahl wurde die Zweckmäßigkeit der 24stündigen Einwirkungsdauer der Hüblschen Jodlösung erprobt. Aus den Versuchen ergab sich, daß die fragliche Zeitdauer der Einwirkung vor der üblichen 2stündigen folgende Vorzüge hat und deshalb in Anwendung zu bringen ist, wenn die zur Verfügung stehende Zeit ausreicht.

Die Uebereinstimmung der an verschiedenen Tagen bestimmten Jodzahlen desselben Oeles ist sehr gut und der anzuwendende Ueberschuß an Jod ist nur gering, also die Jodersparniß entsprechend groß.

---

[1]) „Mittheilungen" 1895. S. 261—263.

Reicht die zur Verfügung stehende Zeit für 24stündige Einwirkungsdauer nicht aus, so ist die 2stündige Versuchsdauer und 75 % Jodüberschuß, bezogen auf die angewandte Jodmenge beizubehalten.

Die Prüfung der Anwendbarkeit des kalten Verseifungsverfahrens von Henriques wurde auf Bienenwachs ausgedehnt und bei den drei zur Verfügung stehenden Wachsproben als brauchbar erkannt.

Für die Flüssigkeitsgradbestimmungen im Englerschen Apparat wurde eine Erleichterung dadurch geschaffen, daß feste Beziehungen zwischen den Ausflußzeiten von geringen Oelmengen (25—40 ccm) bei niedriger Auffüllung (45 bezw. 50 ccm) und den Normalausflußzeiten von 200 ccm ermittelt wurden. Man kann somit, wenn nicht genügende Oelmengen zur Verfügung stehen, z. B. bei der Prüfung von Gemischen von Mineralölen und fetten Oelen, auch aushülfsweise mit verhältnißmäßig geringen Oelmengen die Flüssigkeitsgradsbestimmungen ausführen.

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

Die Thätigkeit der Chemiker wurde durch folgende umfangreichen Arbeiten in Anspruch genommen:

1. Untersuchung über die Bestimmung des Selens und Tellurs im Kupfer.
2. Untersuchungen über den Nachweis des Paraffins im Ceresin.
3. Versuche zur Bestimmung des Schwefels im Petroleum.

Außer diesen Untersuchungen wurden in dem genannten Etatsjahre 490 Analysen erledigt. Von diesen entfielen auf Reichsbehörden 60, auf Staatsbehörden 144, auf Private 286, und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materie wie folgt:

a. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 155; Mineralien, Erze und Oxyde 39; Sand, Thon und Ziegelsteine 12; Kalkstein, Traß, Mörtel, Cement 21; Mineralfarben, Glasuren 23; Wasser 24; Laugen 2. Summa 276.

Von den 134 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen auf Eisen, Stahl und Stahllegirungen 53; Kupfer 4; Zinn 1; Zink 7; Messing 8; Bronze 47; andere Metalle 11; andere Legirungen 24.

b. Organische Materien.

Fette, fette Oele, Mineralöle und Theer 54; Kohlen, Brikets und Koks 81; andere organische Stoffe (Seifen, Papier u. s. w.) 56. Summa 191.

c. Tinten.

Der Klasse I angehörend 21, der Klasse II angehörend 2. Summa 23.

2. Mikroskopische Untersuchungen an tiefgeätzten Eisenschliffen.

Von E. Heyn, Ingenieur.

Vorbemerkung: Die Herren Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medicinalangelegenheiten, für Handel und Gewerbe, des Krieges, und der Herr Staatssekretär des Reichsmarineamts haben der Versuchsanstalt in dankenswerther Weise die Mittel zur Aufnahme und Pflege der mikroskopischen Untersuchung der Metalle gewährt. Hierdurch war es möglich, einen alten Schüler Ledeburs, Herrn Ingenieur E. Heyn, für die Versuchsanstalt zu gewinnen und ihn seit dem 1. April v. Js. ausschließlich mit dem Studium und der Förderung der Metallographie zu beschäftigen. Herr Heyn hat bereits werthvolle Aufschlüsse auf seinem Gebiete erzielt; es wird beabsichtigt, hierüber in einer Reihe von Aufsätzen laufend zu berichten.

Die Versuchsanstalt ist nunmehr in der Lage, Aufträge auf mikroskopische Untersuchung von Metallen in größerem Umfange anzunehmen und hofft bei der wachsenden Bedeutung der Metallographie besonders auch, daß ihre wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiete durch die Eisen- und Metallindustrie lebhafte Förderung und Unterstützung finden werden. Sie ist schon jetzt in der angenehmen Lage, den Firmen: Gebr. Böhler & Co. in Wien und der Bismarckhütte bei Schwientochlowitz, Oberschlesien, für die Ueberlassung von Probenmaterial ihren Dank auszusprechen.

A. Martens.

Bei der metallographischen Untersuchung des Eisens sucht man die einzelnen Gefügebildner in den meisten Fällen durch ein äußerst schwaches Anätzen mittelst stark verdünnter Säuren, Jodlösung u. s. w. erkennbar zu machen. Es werden hierbei kaum merkbare Mengen Material von der Oberfläche des Schliffes entfernt. Stärkere Aetzungen werden gewöhnlich vermieden, weil die dabei auftretenden Erscheinungen das Gefügebild weniger klar hervortreten lassen und die Erkennung und Unterscheidung der Gefügeelemente unter Umständen schwierig gestalten. Gerade der Wunsch, die erwähnten, leicht zu irrthümlichen Schlüssen Veranlassung gebenden Erscheinungen näher zu studiren, führte zu den nachfolgend beschriebenen Versuchen. Zur kurzen Bezeichnung sollen die durch lange Einwirkung stark angreifender Aetzmittel unter Hinwegnahme von bereits ins Gewicht fallenden Materialmengen erhaltenen Aetzungen „Tiefätzungen“ benannt werden.

Tiefätzungen wurden durch Osmond[1]) in den Dienst der Eisenmikroskopie gestellt. Er benutzt Salpetersäure 1 : 5, um die Korngrenzen kohlenstoffarmen Eisens bloßzulegen. Martens lenkte die Aufmerksamkeit auf die Methode der Tiefätzung in seiner Arbeit: „Das mikroskopische Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken“[2]). In letzterer Zeit ist es besonders Stead gewesen, der in seiner Arbeit: „Die krystalline Struktur von Eisen und Stahl“[3])

---

[1]) Sur la métallographie microscopique. Comm. des méth. d'essai des matériaux de construction 1892. Méthode générale pour l'analyse microscopique des aciers au carbone. Bull. Soc. d'enc. p. l'ind. n. 1895.

[2]) Mittheilungen der Königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1893, S. 285 und 286.

[3]) Iron and Steel Inst. 1898, I, S. 145.

hochinteressante Resultate der Tiefätzung zu Tage gefördert hat. Auch die von Saniter angestellten Aetzversuche mittelst Chlorcalcium bei Rothgluth[1]) dürften in das Kapitel der Tiefätzungen einzurechnen sein und hier die entsprechende Erklärung finden.

Abschnitt I.

Zum Ausgangspunkt für die Untersuchung wurde eine Ofensau unbekannter Herkunft gewählt, welche unter dem Mikroskop die völlige Abwesenheit von Perlit ergab und demnach als ein äußerst kohlenstoffarmes Material zu betrachten ist. Das Probestück zeigte Andeutung würfliger Spaltbarkeit (Taf. III, Fig. 14). Ein annähernd würfelförmiges Spaltungsstück wurde entsprechend der Textfig. a ausgeschnitten und nach Ebene ou abgeschliffen und polirt. Die etwa 4 Minuten andauernde Tiefätzung mit 10procentiger Salpetersäure ergab das Taf. III, Fig. 2, und stärker vergrößert Taf. III, Fig. 1 wiedergegebene Gesammtbild. Der Schliff zeigt nur einige wenige grobe Körner, deren Grenzlinien deutlich sichtbar sind. Die einzelnen Körner liegen nicht in derselben Ebene und zeigen verschiedenen Glanz. Zahlreiche dunkle Schlackeneinschlüsse unterbrechen die Ferritkörner. Kleine von der Säure eingefressene Grübchen sind über die ganze Oberfläche verstreut (in Taf. III, Fig. 1 und 2 hell erscheinend). Sie liegen theils regellos, theils ordnen sie sich zu Reihen an einander (in Taf. III, Fig. 1 die hell abgebildeten Linienzüge). Diese Linienzüge zeigen in den meisten Fällen Parallelismus oder andere Gesetzmäßigkeiten in ihrer Anordnung. Die einzelnen Hauptkörner sind in Textfig. b der besseren Uebersicht halber eingezeichnet und mit Buchstaben benannt. Die Linie ou entspricht hierin der Linie ou in Textfig. a. Die Schliffläche des Kornes A folgt ziemlich genau der natürlichen Spaltungsfläche, während die Spaltflächen der meisten übrigen Körner, wie aus der Bruchfläche ov Textfig. a zu ersehen ist, eine geringe Neigung zur Schliffläche haben. Taf. III, Fig. 4 bringt das auf der Fläche des Kornes A, also auf den Spaltungsflächen des Würfels erhaltene Aetzbild. Die ganze Fläche zeigt mehr oder weniger regelmäßige Körnung; die einzelnen Körner haben annähernd quadratische Gestalt. Inmitten der gekörnten Grundmasse sind außerordentlich scharf begrenzte quadratische oder rechteckige Vertiefungen, sämmtlich von nahezu gleicher Lage eingefressen. Die Seiten der Vertiefungen liegen parallel und senkrecht zu den natürlichen Spaltungsflächen. Hier liegen ohne Zweifel die von Stead[2]) als „Krystalle" bezeichneten Gebilde vor.

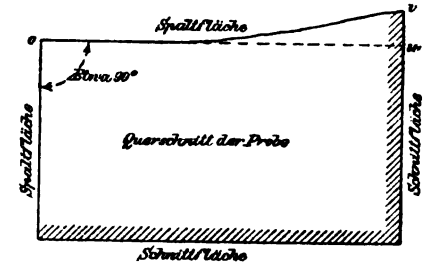


Fig. a.

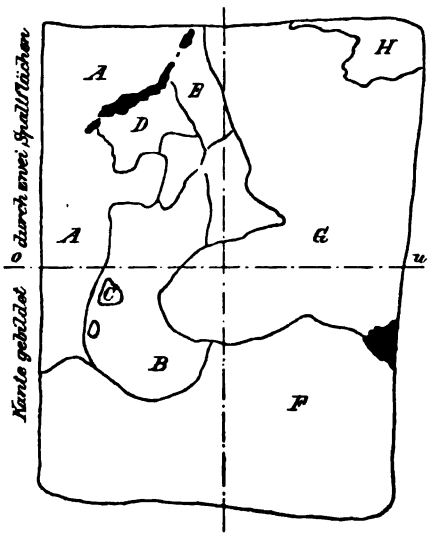


Fig. b.

[1]) Allotropic iron and carbon, Iron and Steel Inst. 1898, I, S. 206.

[2]) Wie oben. S. 153.

In Fig. 5, Taf. III sind weiterhin zwei sich unter einem Winkel von etwa 80 C° schneidende Furchen erkennbar. Diese sind durch Aneinanderreihen vieler kleiner Vertiefungen entstanden, welche weder nach Form noch nach Lage mit den oben beschriebenen Vertiefungen im Einklang stehen. Die Furchen entsprechen den hellen Linien in Taf. III, Fig. 1. Beziehungen zwischen der würfelartigen Spaltform und der Lage dieser Linien konnten nicht mit Sicherheit ermittelt werden. Nicht an allen Stellen zeigt Korn A das gleiche regelmäßige Bild wie Taf. III, Fig. 4. So läßt z. B. Taf. III, Fig. 6 statt rechteckiger Vertiefungen treppenförmige Gebilde erkennen, die ebenfalls an Quadrate und Rechtecke erinnern. Die Hauptrichtungen dieser Stufen sind parallel oder senkrecht zur Spaltungskante o. — Die Bezeichnung „Krystalle", welche Stead für die besprochenen Gebilde gewählt hat, möchte ich zur Vermeidung von Irrthümern nicht beibehalten wissen. Ich rechne sie vielmehr zu den sogenannten Aetzfiguren, welche, soweit es sich um Mineralien und künstlich gezüchtete Krystalle handelt, von Seiten der Mineralogen, namentlich von Dr. Baumhauer bereits eines eingehenden Studiums gewürdigt worden sind.

Aetzt man irgend einen Krystall auf den natürlichen Krystallflächen, auf den Spaltflächen oder auf irgend welchen künstlich angeschliffenen Flächen mittelst geeigneter Mittel, so werden die betreffenden Flächen niemals gleichmäßig angegriffen, sondern es bilden sich auf ihnen mikroskopisch kleine, von mehr oder weniger ebenen Flächen begrenzte Vertiefungen (z. Th. auch Erhöhungen), die sogenannten Aetzfiguren. Charakteristisch für diese sind folgende Punkte[1]):

1. Sie sind auf einer und derselben Fläche eines homogenen Krystalls sämmtlich einander ähnlich und unter einander parallel gestellt.
2. Sie sind gleichartig auf krystallographisch gleichwerthigen und verschiedenartig auf ungleichwerthigen Flächen.
3. Sie stehen mit den Symmetrieverhältnissen der betreffenden Krystalle in Zusammenhang.
4. Ihre Ausbildungsweise hängt, wie Baumhauer[2]) und O. Meyer[3]) gezeigt haben, nicht lediglich von der Gestalt des Krystalles und der chemischen Zusammensetzung des krystallisirten Körpers ab, sondern vielfach auch von der Natur und der Koncentration des angewendeten Aetzmittels. Sie können daher nicht etwa auf die Form der den Krystall aufbauenden Moleküle direkte Schlüsse gestatten.
5. Sie sind vielfach auf derselben Fläche verschieden stark ausgebildet. Die ganze Fläche ist bedeckt von vielen sich an einander reihenden und gegenseitig störenden Aetzfigürchen, wodurch die Fläche ein Gefüge erhält, das kurz „Aetzgefüge" genannt werden soll. Innerhalb desselben bilden sich häufig an bestimmten Stellen (aus noch nicht genügend bekannten Ursachen) besonders regelmäßige, stärker vertiefte Aetzfiguren aus, die ich zum Unterschied von den übrigen als Aetzgrübchen bezeichnen möchte. Sie sind von gleicher Form und Lage wie die das Aetzgefüge bildenden Aetzfigürchen und lassen meistens Schlüsse auf die Symmetrieverhältnisse des Krystalls zu, falls er z. B. durch Ineinanderwachsen und gegenseitige Verdrückung benachbarter Krystalle als solcher nicht mehr erkennbar ist.

[1]) S. Naumann, Elemente der Mineralogie. 1885, S. 145.
[2]) Otto Meyer, Aetzversuche an Kalkspath. N. Jahrb. f. Min., 1883, S. 74.
[3]) H. Baumhauer, N. Jahrb. f. Min., 1889, I, Ref. S. 216, und 1891, II, Ref. S. 32.

Um das oben Gesagte an der Hand einiger Beispiele erläutern zu können, wurden folgende Versuche angestellt, die z. Th. zu den bekannten von Dr. Baumhauer erhaltenen Resultaten führen.

a) Spaltungsstück von Kochsalz. Spaltflächen parallel den Würfelflächen. Die Aetzung war erfolgt durch Liegen der Probe in feuchter Luft. Siehe Taf. III, Fig. 7. Ein recht vollkommen ausgebildetes Aetzgrübchen befindet sich in der Mitte des Gesichtsfeldes; seine Lage zu den Spaltungsflächen ist in Textfig. c schematisch wiedergegeben.

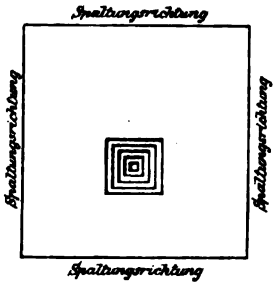


Fig. c.

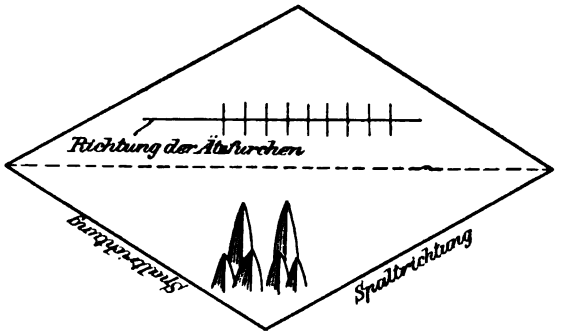


Fig. d.

Das durch die mehr oder weniger vollkommen entwickelten Aetzfiguren hervorgerufene Aetzgebilde der Spaltungsfläche zeigt die vollkommenste Aehnlichkeit mit den Aetzungen in Taf. III, Fig. 4 und Fig. 6.

b) Ein Spaltungsrhomboëder des Kalkspaths wurde auf einer Rhomboëderfläche angeschliffen und 4 Minuten in 4procentiger Salzsäure geätzt. Siehe Taf. III, Fig. 8, und in stärkerer Vergrößerung Fig. 9. Die Aetzfiguren sind langgestreckte, wahrscheinlich auf Rhomboëder zurückzuführende dachförmige Vertiefungen, deren Lage in Textfig. d schematisch dargestellt ist.

Sie sind sämmtlich langgestreckt in der Richtung senkrecht zu der Diagonale, welche die spitzen Winkel des Rhombus verbindet. Parallel zu dieser Diagonale ziehen sich Aetzfurchen hin, deren Böschungsflächen wiederum senkrecht zur Furchenrichtung gerippt erscheinen, indem sich auch in diese Flächen langgestreckte rhomboëderartige Aetzfiguren eingefressen haben.

c) Ein Kalkspathkrystall, Kombination von Säule c, siehe Taf. III, Fig. 3, und Skalenoëder r, an dessen Spitze durch Spaltung eine kleine Rhomboëderfläche R entstanden war, wurde 20 Sekunden in etwa 5procentiger Salzsäure geätzt. Hierbei zeigte sich die Verschiedenheit der Aetzgebilde auf den krystallographisch verschiedenen Flächen besonders auffällig. Auf der Rhomboëderspaltfläche zeigen sich fünfseitige Pyramiden (siehe Taf. III, Fig. 18) erhaben hervortretend. Ein gänzlich abweichendes Bild bieten die Skalenoëderflächen, Taf. III, Fig. 19. Das Aetzgefüge ist außerordentlich fein; es scheinen auf der ganzen Fläche kleine Rhomboëderchen hervorzustehen. Ganz besonders ausgeprägt sind die Aetzgruben auf den Säulenflächen; vertiefte vierseitige Pyramiden liegen parallel mit ihrer Längsrichtung zu den Säulenkanten; siehe Taf. III, Fig. 20.

Fig. e.

Zur Veranschaulichung der Lage der Aetzfiguren und Aetzgruben dienen die Textfig. e, f und g, worin die Lage des Lichtbildes zu den geätzten Flächen durch punktirte Linien angedeutet ist.

Vorliegende Beispiele zum Auftreten von Aetzfiguren und Aetzgruben an unzweifelhaft homogenen Krystallen lassen sich erheblich vermehren. Es sei dieserhalb auf die einschlägige Literatur[1]) verwiesen.

Verfolgen wir weiter die Aetzerscheinungen auf den übrigen Körnern der Eingangs erwähnten Ofensau, so zeigt sich besonders lehrreich das kleine dreieckige, in Textfig. b mit C bezeichnete Korn. Vergl. hierzu Taf. III, Fig. 10, die nahezu das ganze Korn wiedergiebt, Taf. III, Fig. 11, worin die linke untere Ecke des Dreiecks in vergrößertem Maßstab

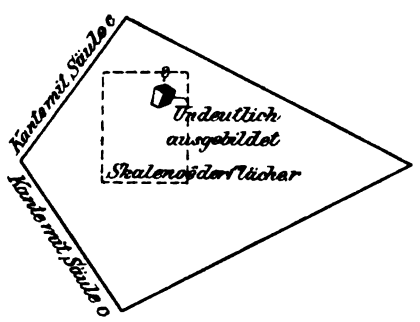


Fig. f.

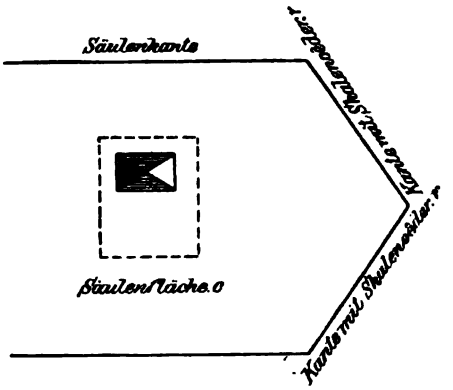


Fig. g.

abgebildet ist, und schließlich Taf. III, Fig. 15 und 16, die Aetzfiguren und Aetzgrübchen im Detail darstellt. Fig. 15 ist aufgenommen bei scharfer Einstellung des photographischen Apparates auf den tiefsten Punkt der Aetzgruben, Fig. 16 hingegen bei scharfer Einstellung auf den Rand der letzteren. Man kann wohl ohne allzuviel Phantasie das Dreieck C als Abstumpfungsfläche einer Würfelecke, also als Oktaëderfläche auffassen; eine Annahme, die durch die Gestalt der Aetzgruben und auch der Aetzfiguren unterstützt wird. Diese entsprechen vertieften dreiseitigen Pyramiden, deren Lage in der Kornfläche durch Textfig. h gekennzeichnet wird. Die Fläche C liegt um 7 μ ($\mu = 0{,}001$ mm) tiefer als die Umgebung B, was darauf schließen läßt, daß der Angriff der Säure auf den Oktaëderflächen stärker ist, als auf den nahezu mit den Würfelflächen zusammenfallenden Flächenantheilen. Die Abgrenzung des Kornes C von B ist völlig scharf, wie namentlich Taf. III, Fig. 11 erkennen läßt. Der Uebergang von B nach C vollzieht sich ringsum durch eine sanfte Böschung von ungefähr 1 : 5,7.

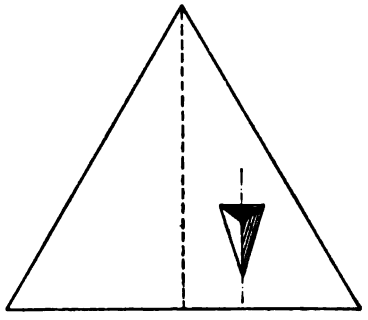


Fig. h.

Korn B ist entsprechend der Abweichung der Spaltfläche ov von der Schliffläche ou (siehe Textfig. a) etwas anders gegen letztere gelagert, als Korn A. Dies ist sofort erkennbar in den Aetzfiguren und Aetzgruben, wie sie in Taf. III, Fig. 12 dargestellt sind. Diese können aufgefaßt werden als Eindrücke von Würfeln, deren eine Fläche einen kleinen Winkel mit der Schlifffläche einschließt (siehe Textfig. i). Die Kante α

[1]) Annalen für Physik und Chemie, Poggendorf, Band 138, S. 563; Band 139, S. 349; Band 140, S. 271; Band 145, S. 459; Band 150, S. 619; Band 153, S. 75. Ferner Neues Jahrbuch für Mineralogie, Band 1881, I, Ref. 4; Band 1882, I, S. 185; Band 1885, II, S. 19; Band 1886, II, S. 182; Band 1896, II, S. 179; Band 1889, I, Ref. 216; 1892, II, S. 3; Band 1891, II, S. 32.

liegt durchschnittlich 4 – 5 μ tiefer als Kante γ. Die zahlreichen Aetzfigürchen zeigen gleiche Gestalt und Lage wie die besprochenen Aetzgruben. Zu bemerken ist noch, wie namentlich in Taf. III, Fig. 12 Ecke rechts oben erkennbar ist, daß auch die in Textfig. i schraffirt gezeichneten Flächen der Eindrücke ihrerseits wieder Aetzfiguren aufweisen. Eine solche ist in Textfig. k bei β angedeutet. Durch Aneinanderreihen solcher Aetzfiguren erscheinen diese Flächen gestreift.

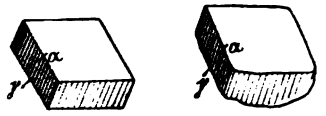


Fig. i.

Fig. k.

Der Uebergang von Korn G in Korn F ist abgebildet in Fig. 17, Taf. III. Fig. 17 ist zusammengesetzt aus 2 verschiedenen Aufnahmen, die ausgeschnitten und in der richtigen Weise aneinander geklebt sind. Die linke Seite der Figur wurde erhalten durch genaue Einstellung auf Korn F (siehe Textfig. b), die rechte Seite durch scharfe Einstellung auf Korn G. Der Höhenunterschied beider Körner beträgt ungefähr 4 μ. F ist die höher liegende, also der Säure mehr Widerstand entgegensetzende Fläche. Die Würfelform der Aetzfiguren läßt sich in beiden Flächen erkennen. Die Aetzfiguren von F zeigen ihrerseits wieder Streifung, die sich in gleicher Weise erklären läßt wie oben.

Der Uebergang von Korn B nach Korn F entspricht der Abbildung in Fig. 13, Taf. III.

Obige Beispiele haben, hoffe ich, dargethan, daß die von Stead als „Krystalle" bezeichneten Erscheinungen durchaus in das Gebiet der Aetzfiguren gehören; ferner daß die einzelnen Körner der untersuchten Ofensau trotz ihrer äußerst unregelmäßigen Umrisse thatsächlich Krystalle[1]) sind, die sich in ihrer Entwicklung gegenseitig gehindert haben. Auch die Annahme, daß die Körner etwa aus kleineren Krystallen zusammengesetzte krystalline Aggregate seien, deren Aufbau durch das Aetzen bloßgelegt wird, kann nicht aufrecht erhalten werden. Da, wie später gezeigt werden soll, die Größe und Form der die Aetzstruktur bildenden Aetzfiguren veränderlich ist je nach der Dauer der Einwirkung eines und desselben Aetzmittels, muß man daran festhalten, daß das Aetzgefüge erst durch den Vorgang der Aetzung erzeugt wird. So wie ein Krystall in einer Mutterlauge mit verschiedenen der Krystallform entsprechenden Geschwindigkeiten nach verschiedenen Richtungen vom Krystallisationskern aus gesetzmäßig wächst, ebenso wird ein fertig gebildeter Krystall durch lösende Stoffe gesetzmäßig und nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Geschwindigkeit zerstört, was die Bildung der Aetzfiguren zur Folge hat. Die Richtungen der größeren oder geringeren Löslichkeit brauchen nicht nothgedrungener Weise mit den Richtungen größter oder geringster Kohäsion resp. Elasticität übereinzustimmen.

Es giebt Fälle, in denen ein geringer Zusatz irgend eines fremden Körpers zu einer Krystallisationslauge die Ausbildungsweise der anschießenden Krystalle ändert. So bewirkt z. B. ein Zusatz von etwas Kaliumkarbonat zu einer gesättigten Alaunlösung, daß an den Alaunoktaëdern stark ausgedehnte Abstumpfung der Ecken durch die Würfelflächen eintritt. Gerade so, wie hier durch Fremdkörper die Geschwindigkeit des Wachsthums der Krystallmasse nach verschiedenen Richtungen vom Kern aus beeinflußt werden kann, erscheint es nun aber auch nicht unerklärlich, daß verschiedene Aetzmittel und ein und dasselbe Aetzmittel bei verschiedener Koncentration, nach verschiedenen Richtungen hin verschieden schnell auf eine Krystall-

[1]) Zu dieser Ansicht gelangt auch Stead in seiner letzten Abhandlung: „Brüchigkeitserscheinungen in weichem Flußeisen in Folge Ausglühens", Engineering, 1898, Sept. 23, die mir erst nach Fertigstellung meiner Arbeit vorlag.

fläche einwirken können, so daß die Aetzfiguren ihre Gestalt und Lage ändern. Es würde dadurch das unter Nr. 4, S. 312 Angegebene eine Erklärung finden.

Welchen Werth können nun die Aetzfiguren für die mikroskopische Untersuchung des Eisens haben?

Da in einem Eisen die einzelnen Eisenkörner wirr durcheinander gelagert sind, so werden im Allgemeinen benachbarte Körner von der Schlifffläche unter verschiedenen Winkeln zu ihren krystallographischen Axen geschnitten; sie müssen daher von einander in Richtung und Gestalt abweichendes Aetzgefüge aufweisen. Es muß demnach das Studium der Aetzbilder zu einem brauchbaren Mittel werden, die Korngrenzen und damit auch die durchschnittliche Korngröße festzulegen. Bei sehr kohlenstoffarmen Eisensorten genügt eine kurze Aetzung mit kräftiger Salpetersäure (1 : 5 nach Osmond), um die Korngrenzen durch stärkeres Ausfressen erkennbar zu machen. Das verhältnißmäßig zeitraubende Studium der Aetzbilder kann hierbei umgangen werden. Anders liegt es bei kohlenstoffreicheren Eisensorten, wo zum Ferrit noch größere Mengen Perlit hinzutreten. Hier dürfte diese Art der Feststellung der Korngrenzen versagen, dagegen das durch ein geeignetes Aetzmittel hervorgerufene Aetzbild ein brauchbares Hilfsmittel zur Unterscheidung benachbarter Körner werden.

Zweckentsprechend hat sich hierfür eine Lösung von Kupferammonchlorid in Wasser, etwa 1 Theil auf 12—30 Theile Wasser, je nach Art des zu untersuchenden Eisens, herausgestellt. Das anfänglich Abschreckende in der Anwendung dieses Aetzmittels liegt in der Abscheidung von Kupfer auf dem geätzten Metallschliff. Bei richtig gewählter Koncentration der Kupferammonchloridlösung liegt jedoch hierin keinerlei Nachtheil, da das niedergeschlagene Kupfer sich unter Wasser leicht durch einen zarten Pinsel oder ein weiches Tuch vollkommen entfernen läßt. Es bleiben höchstens in besonders tief ausgefressenen Aetzgruben geringe Kupfertheilchen zurück, die aber in keiner Weise bei der Beobachtung hinderlich wirken. *Der Vortheil der Kupferammonchloridätzung liegt darin, daß sie sämmtliche Gefügebildner annähernd gleichmäßig angreift und sie infolgedessen selbst bei weitgehender Tiefätzung verhältnißmäßig leicht erkennen läßt. Da die einzelnen Gefügebildner in nicht zu verschiedenen Ebenen liegen, ist eine Untersuchung mittelst des Mikroskops noch bei den stärksten Vergrößerungen möglich,* wie weiter unten folgende Beispiele zur Genüge zeigen werden.

Es möge mir gestattet sein, hier einige allgemeine Bemerkungen über die bisherigen *Verfahren zur Messung der durchschnittlichen Korngrößen* einzufügen. Bei sehr kohlenstoffarmen Eisensorten dürften über das, was als ein gesondertes Korn zu betrachten ist, kaum Zweifel herrschen. Eine Aetzung, z. B. mit Salpetersäure 1 : 5, frißt die Korngrenzen tief aus und gestattet bequeme Messung. Anders scheint mir der Fall zu liegen bei Eisensorten, in denen zum Ferrit noch erheblichere Mengen Perlit hinzutreten. Vielleicht liegt es nicht zum Wenigsten an dem Mangel an übereinstimmender Anschauung über den Begriff „Korn", daß die von verschiedenen Forschern angestellten Messungen der durchschnittlichen Korngröße bei verschiedenem Eisenmaterial und bei gleichem Material nach verschiedener Wärmebehandlung noch recht wenig Uebereinstimmung aufweisen.

In Textfig. 1 sollen die schraffirten Flächen Perlitflächen darstellen, der Rest sei Ferrit. Was ist nun als „Korn" resp. als durchschnittliche Korngröße aufzufassen? Es sind folgende Möglichkeiten vorhanden:

a) Man ermittelt die Gesammtfläche der Perlitinseln in einem bestimmten abgegrenzten Sehfeld und dividirt durch ihre Anzahl.

b) Man betrachtet als „Körner" die durch die punktirten Mittellinien abgegrenzten Flächen und ermittelt deren durchschnittliche Größe.

c) Man sieht überhaupt von den Perlitflächen ab, welche auf Grund der Lösungstheorie der ausgeschiedenen eutektischen Legirung, also einem außerordentlich feinkörnigen Gemisch zweier verschiedener Körper entsprechen, und zieht zur Ermittelung der durchschnittlichen Korngröße nur den Ferrit in Betracht, dessen Körnung durch ein geeignetes Mittel, z. B. Kupferammonchlorid, bloßgelegt ist, beispielsweise nach den strichpunktirten Linien.

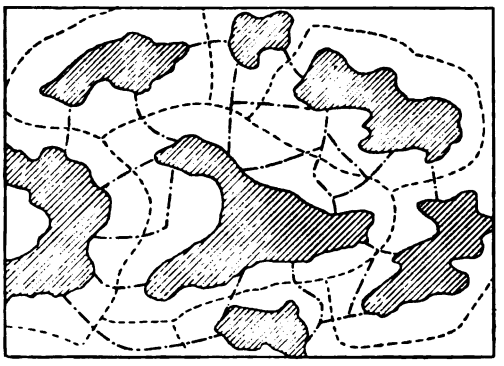


Fig. l.

Meiner Meinung nach ist nur die nach c) ermittelte durchschnittliche Korngröße direkt in Vergleich zu ziehen mit den in der üblichen Weise nach Aetzung mit Salpetersäure 1 : 5 erhaltenen Korngrößen perlitfreier oder perlitarmer Eisensorten.

Im Folgenden ist nun beabsichtigt, die Tiefätzung mittelst Kupferammonchlorid an verschiedenen Eisensorten mit verschiedenen Kohlenstoffgehalten in ihren verschiedenen Entwickelungsstufen zu verfolgen. Die Untersuchungen wurden zunächst an nicht gehärtetem Material ausgeführt.

Abschnitt II.

Gegossenes weichstes Flußeisen.

Zur Verfügung stand ein Ausschnitt aus einem Blöckchen, der bereits anderweitigen Untersuchungen als Gegenstand gedient hatte, wodurch sich seine für vorliegenden Zweck abnormale Lage erklärt. Der Block hatte ein Gewicht von ca. 20 kg und einen Querschnitt von 60 × 100 mm. Er war durch Guß aus dem Tiegel erhalten. Die Analyse des Rohmaterials vor dem Umschmelzen ergab 0,07 % Kohlenstoff. Der Kohlenstoffgehalt des Blockes selbst ist mir leider unbekannt, voraussichtlich aber etwas höher als 0,07 %. Der Gehalt des Blockes an den übrigen Körpern betrug:

Si: 0,04,
Mn: 0,04,
P: nicht bestimmt,
S: 0,02.

Die Lage des untersuchten Ausschnitts zum Gesammtquerschnitt des Blockes geht aus Textfig. m hervor.

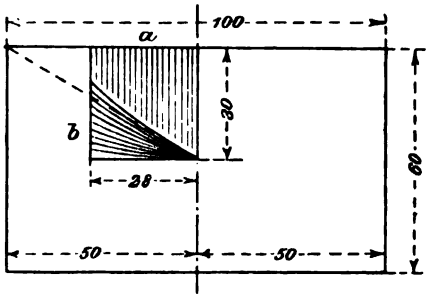


Fig. m.

Die Schraffirung deutet die krystalline Struktur des Bruches an. In allen Abbildungen ist die Aufstellung so gewählt, daß Kante a (Gußkante) links, Kante b (Schnittkante) unten liegt. Der Schliff liegt senkrecht zur Längsaxe des Blockes. Er wurde mittelst Reißnadel in vier Theile getheilt, und die im Folgenden besprochenen Ergebnisse beziehen sich auf die eingezeichneten Stellen n_r und n_h (s. Textfig. n).

Die polirte Fläche wurde auf Gummi mit Roth und Wasser, sodann auf Gummi mit

Roth und Süßholzextrakt, schließlich mit Gyps und Süßholzextrakt nach Osmond[1]) „ätzpolirt"; siehe Fig. 28, Taf. IV und Fig. 46, Taf. V. In einer gelbgesprenkelten Grundmasse von Ferrit liegen gelb bis braun angelaufene Perlitinseln. Die Sprenkelung des Ferrits rührt aller Wahrscheinlichkeit nach von zahlreichen winzigen, unvollkommen ausgebildeten Aetzfigürchen her; denn der wirksame Bestandtheil des Süßholzextraktes scheint eine schwache Säure zu sein, deren ätzende Wirkung durch das Reiben mit Roth auf Gummi wesentlich erhöht wird. Die Weiterätzung geschah periodenweise mit Kupferammonchloridlösung (1 Theil in 12 Theilen Wasser) in der Weise, daß der Schliff durch sorgfältige wechselweise Waschung mit Alkohol und Aether solange entfettet wurde, bis Wasser auf der Fläche vollkommen haften blieb. Alsdann wurde durch Einlegen in die Aetzlösung die Aetzung vorgenommen. Der geätzte und überkupferte Schliff wurde möglichst schnell aus der Aetzflüssigkeit in Wasser gebracht und unter einem starken Wasserstrahl gründlich gewaschen, wobei Berührung mit Luft zu vermeiden ist. Noch unter Wasser wurde mit Pinsel und weichem Tuch das Kupfer entfernt. Nach Eintauchen in Alkohol erfolgte Trocknung mittelst eines weichen Tuches. — Zur bequemeren Uebersicht über den Verlauf der Aetzung sind entsprechend den Figuren 31, Taf. IV und 49, Taf. V die schematischen Skizzen Fig. 38, Taf. IV und Fig. 44, Taf. V beigegeben, in denen die einzelnen zur Beschreibung gelangenden Stellen mit Buchstaben bezeichnet wurden.

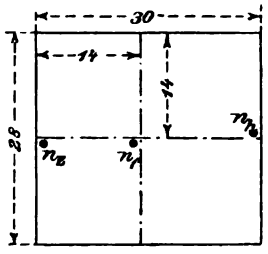


Fig. n.

Aetzung 1 Minute mit Kupferammonchlorid: Siehe Fig. 29, Taf. IV und Fig. 46, Taf. V. Im Ferrit treten zahlreiche dunkle Flecken auf, welche sich bei stärkerer Vergrößerung, Fig. 56, Taf. V, als unvollkommen ausgebildete Aetzfigürchen erweisen. Im Perlit, meist ganz nahe am äußeren Umfange der Perlitkörner, zeigen sich unregelmäßig begrenzte Aetzgruben, die wegen Füllung mit Kupfer in den Lichtbildern dunkel erscheinen. Mit bloßem Auge betrachtet (vgl. Fig. 21, Taf. IV) zeigt der Schliff eigenthümlich flammenartige Zeichnung, die sich unter dem Mikroskop nicht weiter verräth. Die Ursache hierfür ist mir unbekannt, scheint aber nicht im Gefüge des Probestückes, sondern in Besonderheiten der Aetzung zu suchen zu sein. Theilweise ist bereits Andeutung von stängligem Gefüge senkrecht zu den Gußkanten sichtbar.

Aetzung 2 Minuten in Kupferammonchlorid: Siehe Fig. 30, Taf. IV, und Fig. 48 und 57, Taf. V. Die Aetzgruben am Umfange des Perlits haben an Zahl zugenommen. Im Ferrit sind zahlreiche Aetzgruben von unvollkommen drei- oder sechsseitiger Gestalt entstanden (siehe Textfig. o). Die ganze Masse des Ferrits zeigt entsprechende Aetzfigürchen. Beachtenswerth ist, daß sich nicht alle bereits in Fig. 46 und 56, Taf. V angedeuteten Anfänge von Aetzgrübchen zu tiefen Aetzgruben ausgebildet haben, sondern daß eine Auswahl stattgefunden hat.

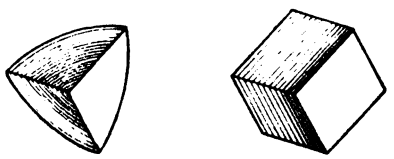


Fig. o.

Aetzung 3 Minuten in Kupferammonchlorid: Hierzu Fig. 49, Taf. V, und Fig. 68 und 69, Taf. VI. Neue Aetzgruben sind nicht entstanden, dagegen nehmen die vorhandenen regelmäßigere Gestalt an. In Fig. 68, Taf. VI ist bereits Lagerung der Aetzfiguren

[1]) S. Osmond: Méthode générale pour l'analyse micr. des aciers au carbone. Bull. soc. d'encour. p. l'ind. n. 1895.

nach zwei verschiedenen Richtungen zu erkennen, was nach Obigem auf zwei benachbarte Ferritkörner mit ungleicher Lage der krystallographischen Axen zum Schliff oder gegen einander schließen läßt. Diese verschiedene Lagerung der Aetzfiguren muß naturgemäß den Glanz der betreffenden Flächen wesentlich beeinflussen, was sich am besten bei Beobachtung mit bloßem Auge oder mit ganz schwacher Vergrößerung bemerkbar macht; siehe Fig. 22, Taf. IV. Die einzelnen hellen und dunklen Stellen entsprechen Korngruppen verschiedenen Aetzgefüges. Eine Anordnung dieser Korngruppen senkrecht zu den Abkühlungsflächen tritt bereits hervor. Die flammenartige Zeichnung der Fig. 21, Taf. IV war schon nach 2 Minuten Aetzung vollkommen verschwunden.

Aetzung 4 Minuten in Kupferammonchlorid. Die Aetzgruben haben sich weiter entwickelt, vgl. Fig. 50, Taf. V. Unterhalb der beiden Perlitausscheidungen a und b (vgl. Schema Fig. 44, Taf. V) zieht sich eine scharfe, einem Sprunge ähnliche Korngrenze hin, welche in Fig. 58, Taf. V in stärkerer Vergrößerung wiedergegeben ist. Diese scharf ausgebildeten, ohne Unterbrechung verlaufenden Korngrenzen sind leicht zu verwechseln mit Aetzlinien, entstanden durch Aneinanderreihen von Aetzfiguren. Charakteristische Darstellungen solcher Aetzlinien, wie sie an einer anderen Stelle als n_r auftraten, finden sich in Fig. 40 und 41, Taf. IV. Fig. 23, Taf. IV zeigt in schwacher Vergrößerung die weitere Ausbildung der einzelnen Korngruppen, und läßt das darin wiedergegebene Aetzbild Uebereinstimmung mit dem in Fig. 22, Taf. IV dargestellten erkennen.

Aetzung 5 Minuten in Kupferammonchlorid. Aetzung ähnlich wie nach 4 Minuten. Die Kornabgrenzung ist weiter vorgeschritten. Zwischen Perlit und Ferrit einerseits, sowie zwischen den verschiedenen Ferritkörnern andererseits machen sich bereits Höhenunterschiede bemerkbar. Siehe Textfig. q.

Aetzung 6 Minuten in Kupferammonchlorid. In Fig. 31, Taf. IV, bei H und D (vgl. auch schematische Skizze Fig. 38, Taf. IV), scheiden sich bereits dunkler erscheinende Ferritkörner von helleren. Die Korngrenze zwischen h und k ist scharf. Siehe Fig. 51, Taf. V. Der Ferrit ist gegenüber dem Perlit tiefer eingefressen, so daß die Höhenunterschiede bereits 3—4 μ betragen. Die Aetzgruben haben eine Tiefe bis etwa 5 μ. Das hellere Korn GH ist in Fig. 63, Taf. V im Detail abgebildet. Dem bloßen Auge gewährt der geätzte Schliff das in Fig. 24, Taf. IV dargestellte Bild. Die Uebereinstimmung zwischen den Abbildungen 22—24 ist geeignet, Zweifel darüber zu beseitigen, ob das erhaltene Bild thatsächlich Gefügebild ist, oder nur unregelmäßiger Aetzwirkung sein Dasein verdankt.

Aetzung 8 Minuten in Kupferammonchlorid; vgl. Fig. 32, Taf. IV und Fig. 52 und 64, Taf. V. Die allgemeine Eigenart stimmt mit der nach 6 Minuten erhaltenen überein. Das Aetzgefüge ist weniger deutlich geworden. Von den tieferen Aetzgruben sind einige verschwunden oder wenigstens stark zurückgetreten. Andere Aetzgruben sind hinzugekommen. Die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Ferritkörnern und zwischen Ferrit und Perlit sind in den Profilskizzen (Textfig. q) erkennbar. Namentlich ist die Fläche e der Säure gegenüber widerstandsfähig gewesen; ebenso die Fläche GH.

Die Aetzwirkung ist nicht über die ganze Fläche des Schliffs gleichmäßig; an einzelnen Stellen befindet sich die Aetzung schon auf einer vorgeschritteneren Stufe als an anderen. So zeigen sich z. B. bei n_x bereits deutlichere Unterschiede zwischen den einzelnen Ferritkörnern, wie Fig. 42 und 43, Taf. IV erkennen lassen. Bei einer Vergrößerung von V = 123 sind ausgesprochen dunklere Ferritkörner in helleren eingebettet. Zur Erklärung dieser Farbenunterschiede braucht man, solange nicht weitere Gründe dies erforderlich machen, keine chemische

Verschiedenheit zwischen hellen und dunklen Ferritkörnern anzunehmen; die Erscheinung läßt sich vielmehr in folgender Weise erklären. Ist ein Korn infolge der Lage seiner krystallographischen Axen zum Schliff so angeätzt, daß es in letzterem als eine schwach zur Schliffebene geneigte ebene Fläche auftritt, so kann bei nahezu vertikal einfallender Beleuchtung das Licht von der Kornfläche nicht in den Tubus des Mikroskops zurückgeworfen werden, das betreffende Korn muß daher dunkler als seine Umgebung erscheinen. Dasselbe kann eintreten, wenn die angeätzte Kornfläche zwar parallel der Schliffebene liegt, aber ein recht feines Aetzgefüge beispielsweise nach Textfig. p hervorgerufen ist.

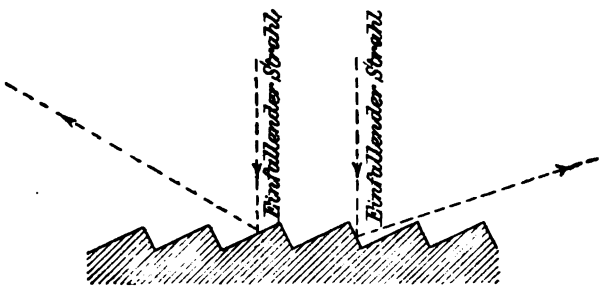


Fig. p.

Das ursprünglich vertikale Licht wird durch diese Flächen diffus und die relative Dunkelheit des Kornes wird hiermit erklärt.

Es läßt sich die Erscheinung leicht an vollkommen reinem weißen Marmor verfolgen, dessen Körner alle die gleiche chemische Zusammensetzung zeigen. Trotzdem treten nach kurzer Anätzung (z. B. im vorliegenden Falle $^1/_2$ Minute mit 4procentiger Salzsäure), wie aus den Fig. 92 und 93, Taf. VII hervorgeht, helle und dunkle Körner nebeneinander auf. Thatsächlich ließ sich durch Messung die schiefe Lage der beiden dunklen Körner zur Schliffläche nach der Aetzung nachweisen. Die Neigung betrug ungefähr 1 : 30.

Aetzung 11 Minuten in Kupferammonchlorid; Fig. 33, Taf. IV und Fig. 53, Taf. V. Die beiden Perlitinseln a und b lassen z. Th. bereits eine deutliche Flächenabnahme erkennen und gehen allmählich in dunkle Streifen über, welche die Grenze zwischen den Ferritkörnern bilden. In Fläche h sind Aetzlinien aufgetreten. Die Grenze zwischen h und k wird sowohl durch die Grenzlinie, wie durch die Aetzgebilde bezeichnet. Einige Aetzgruben verschwinden, andere treten dafür auf; ein Vorgang, der sich bei weitergehender Aetzung in gleicher Weise abspielt. GH (siehe Fig. 65, Taf. V) tritt immer stärker in Relief gegen seine Umgebung hervor. In Fläche H ist eine gut ausgebildete Aetzgrube, einem Zwillingskrystall vergleichbar, zu erkennen.

Aetzung 15 Minuten in Kupferammonchlorid; siehe Fig. 34, Taf. IV, Fig. 59, Taf. V, Fig. 70 und 71, Taf. VI. Fläche f liegt am tiefsten, die Flächen e h i k liegen hoch erhaben in einer Ebene. Der Unterschied beträgt etwa 3,5—4 μ. In h haben die Aetzgruben deutlich die Dreiecksform wie in Textfig. o angenommen. Die Fläche GH (siehe Fig. 72 und 73, Taf. VI, sowie Fig. 74 und 75, Taf. VI) stehen so stark in Relief gegenüber ihrer Umgebung, daß eine gleichzeitige Abbildung bei einigermaßen stärkerer Vergrößerung nicht mehr möglich ist. Die Aufnahmen wurden daher getrennt. Fig. 72, Taf. VI bildet die Fläche H mit der Aetzgrube, Fig. 73, Taf. VI die Umgebung von H scharf ab. Fig. 75, Taf. VI zeigt den Grund der Aetzgrube mit einem der Fläche H entsprechenden Aetzgefüge. — Fig. 25, Taf. IV zeigt in schwacher Vergrößerung den Gesamtschliff. Aenderungen in dessen Ansehen treten bei weiterer Aetzung nicht mehr auf; die betr. Lichtbilder sind daher in den Tafeln nicht gegeben. Zum besseren Ueberblick über die Zugehörigkeit der bis jetzt besprochenen und in Schema Fig. 38, Taf. IV näher bezeichneten Flächen ist die Stelle n_f in zehnfacher Vergrößerung in Fig. 26, Taf. IV wiedergegeben.

Aetzung 20 Minuten in Kupferammonchlorid; siehe Fig. 35, Taf. IV, Fig. 54, Taf. V, Fig. 60, Taf. V. Der Perlit ist kaum mehr zu erkennen; an seine Stelle treten flache Mulden. Die einzelnen Körner lassen sich leicht durch ihr Aetzgefüge von einander unterscheiden. Die Höhenunterschiede sind in diesem Zustande merkwürdigerweise (abgesehen von G, H) fast ganz ausgeglichen, so daß wieder eine Gesammtaufnahme bei stärkerer Vergrößerung (Fig. 54, Taf. V) möglich wurde.

Aetzung 25 Minuten in Kupferammonchlorid; hierzu Fig. 36, Taf. IV, Fig. 55, Taf. V. Die Höhenunterschiede sind wiederum kräftig ausgebildet, wie schon aus Fig. 55, Taf. V hervorgeht, wo das Mikroskop auf f scharf eingestellt wurde, also alle nicht in gleicher Höhe wie f gelegenen Flächen unscharf erscheinen müssen. Fig. 62, Taf. V giebt die Umgebung der Korngrenze zwischen h und k wieder; Fig. 61, Taf. V ist eine Abbildung der flachen Perlitmulden; es zeigt sich, daß b die Grenze zwischen den Ferritkörnern e und f bildet. Fig. 76, Taf. VI ist erhalten durch scharfe Einstellung auf e, Fig. 77, Taf. VI durch eine solche auf f. — H tritt wiederum kräftig aus seiner Umgebung hervor, wie in Fig. 66, Taf. V, Fig. 78 und 79, Taf. VI ersichtlich.

Um die Höhenänderungen während der einzelnen Zeitabschnitte der Aetzung überblicken zu können, sind in Textfig. q Profilskizzen für die Stelle n_1 angefertigt. Sie können natürlich nur die gegenseitige Lage innerhalb eines Zeitabschnittes der Aetzung wiedergeben, sind aber nicht zum Vergleich zwischen den einzelnen verschiedenen Aetzungen verwendbar. Die Abstände je zweier wagerechten Linien entsprechen einem Höhenunterschied von 0,001 mm. Die Messung wurde ausgeführt nach dem von Martens in den Mittheilungen der Königl. technischen Versuchsanstalt 1896, II, S. 91 beschriebenen Verfahren. Die in Textfig. q eingezeichneten Uebergänge von einer Höhenlage in die andere besitzen nur

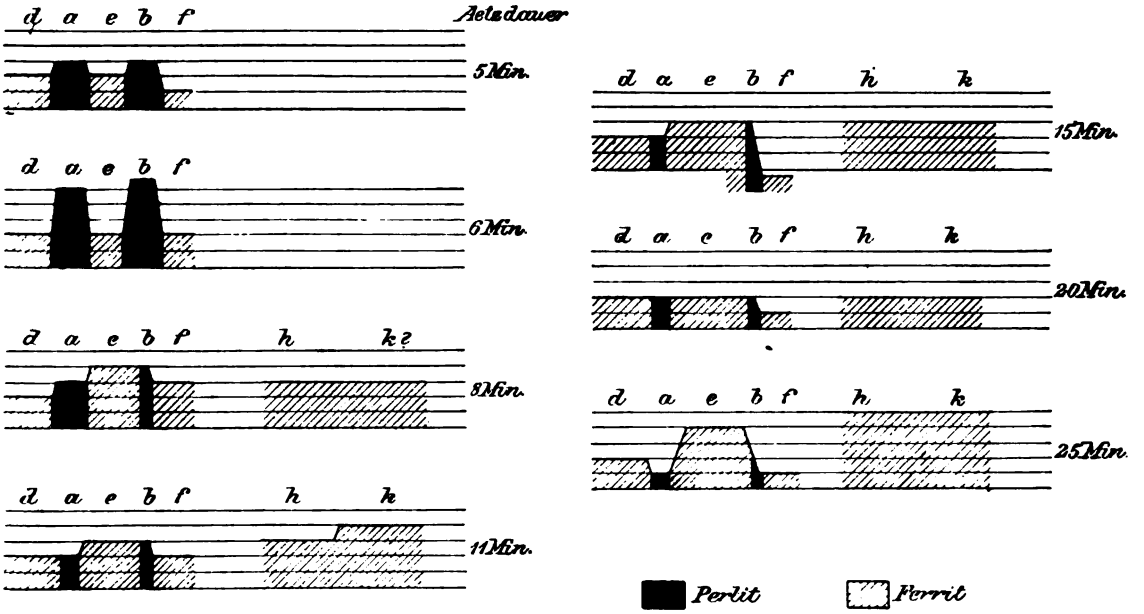


Fig. q.

schematischen Werth, sollen also nicht etwa einen Anhalt zur Beurtheilung der größeren oder geringeren Schroffheit dieser Uebergänge gewähren.

Ein Blick auf Textfig. q ergiebt das auffällige Ergebniß, daß die in der Zeiteinheit auf den einzelnen Kornflächen hervorgerufene Aetztiefe sehr veränderlich ist. Einzelne Kornflächen werden in einem bestimmten Zeitabschnitt besonders stark eingefressen, in dem nächstfolgenden gleicht sich der Höhenunterschied wieder aus, indem sich die Aetzung stärker auf andere Flächentheile wirft. Eine befriedigende Erklärung vermag ich hierfür nicht zu geben.

Für die Gegend um AHC (siehe Schema Fig. 45, Taf. V) gilt Profilskizze r.

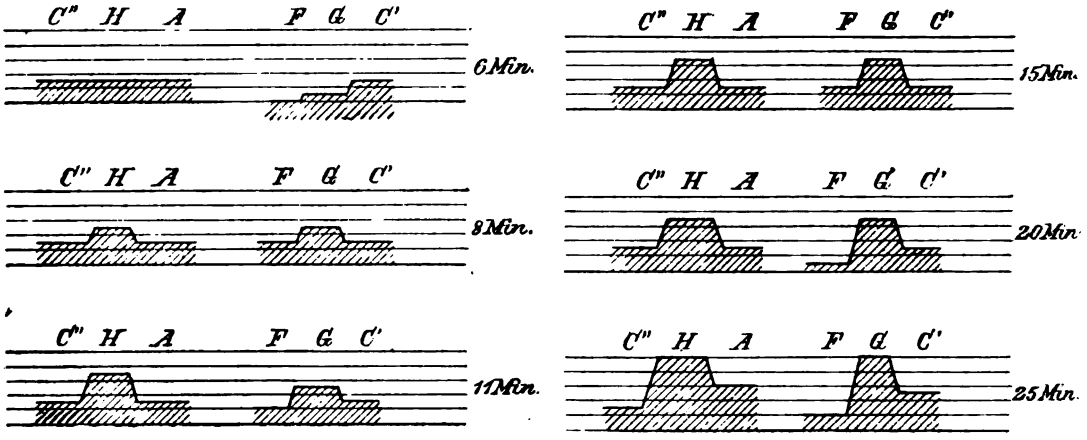


Fig. r.

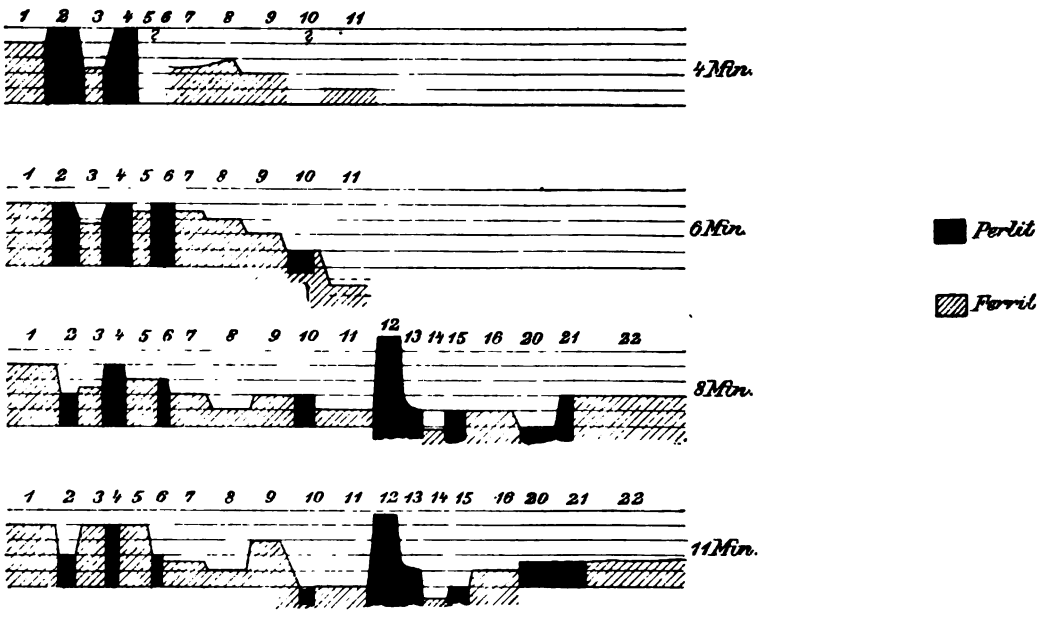


Fig. s.

Diese Gegend zeigt somit regelmäßigere Höhenänderungen, wenigstens in Bezug auf H, welche Fläche fast von vornherein erhaben vorsteht, also der Säure verhältnißmäßig größeren Widerstand entgegensetzt.

Interessante Einzelheiten zeigte der bisher benutzte Schliff noch an einer anderen, in Textfig. n mit n_h bezeichneten Stelle. Die Körner sind daselbst langgezogen, die ganze

Gefügeanordnung ist eine strahlige, also abwechselungsreichere als bei n_f. Zum Ueberblick diene Fig. 27, Taf. IV in zehnfacher Vergrößerung, entsprechend einer Aufnahme nach 15 Minuten langer Aetzung in Kupferammonchlorid. In dieser Abbildung steht senkrecht zur Schnittkante eine feine Reißlinie; auf dieser rechts nahe an der Kante befindet sich eine feine Körnermarke. Durch diese zieht sich eine dunkelgefärbte Krystallnadel, die theilweise in allen zu n_h gehörigen Figuren wieder erkennbar ist. Das Aetzbild nach 4 Minuten langer Aetzung in Kupferammonchlorid zeigt Fig. 37, Taf. IV. Rechts und links von der dunkel erscheinenden Ferritnadel liegen hellere Ferritflächen. In ersterer wie in letzteren treten zahlreiche Perlitausscheidungen auf. Im Innern der dunklen Nadel ist scharf abgegrenzt eine hellere Ferritinsel eingebettet Nr. 9 (siehe Fig. 39, Taf. IV). Die Aetzung wurde gleichzeitig und in derselben Weise wie bei n_f vorgenommen. Die gegenseitigen Höhenlagen der einzelnen Gefügetheile sind in Textfig. 8 niedergelegt.

Zur Verfolgung der Aetzgebilde auf den einzelnen Kornflächen in den einzelnen Zeitabschnitten dienen nachstehend verzeichnete Lichtbilder:

Aetzung	4	Minuten	Fig.	80	Taf.	VI.	Flächen	1—10			
„	6	Minuten	„	81	„	„	„	1—10			
„		„	„	82	„	„	„	12—22			
„	8	Minuten	„	83	„	„	„	1—9			
„		„	„	84	„	„	„	9—14			
„		„	„	85	„	„	„	15—22			
„	11	Minuten	„	86	„	„	Scharfe Abbildung von Fläche			1	
„		„	„	87	„	„	„	„	„	7	u. 8
„		„	„	88	„	„	„	„	„	9	
„		„	„	89	„	„	„	„	„	11	
„		„	„	90	„	„	„	„	„	12	
„		„	„	91	„	„	„	„	„	22	

Das Aetzgefüge der Flächen 1 und 22 zeigt nahezu gleiche Lage und Gestalt, woraus auf eine ungefähr gleiche Lage der betreffenden Körner zum Schliff zu schließen ist. Die Aetzfiguren in den Flächen 7 und 8 sind verhältnißmäßig unregelmäßig ausgebildet, sie zeigen treppenförmige Anordnung. Bemerkenswerth ist das verschiedene Verhalten einer und derselben Perlitinsel (12 und 13); die eine Seite derselben, mit 12 bezeichnet, ist außerordentlich widerstandsfähig gegen das Aetzmittel, die andere (13) dagegen verhält sich so wie die übrigen Perlitausscheidungen.

Abschnitt III.

Gewalztes weichstes Flußeisen.

Ein Flacheisen aus weichstem basischen Martinflußeisen der Firma Fried. Krupp wurde auf einer seiner flachen Seiten, also parallel zur Walzrichtung, angeschliffen. Da eine Angabe über den Kohlenstoffgehalt des Materials nicht vorlag, mußte die mikroskopische Untersuchung zur Schätzung herangezogen werden. Der Schliff wurde demzufolge zunächst auf Gummi mit Roth und Wasser, sodann auf Gummi mit Roth und Süßholzextrakt, schließlich auf Gummi mit Gyps und Süßholzextrakt behandelt, also nach Osmonds Angaben „ätzpolirt". Es zeigten sich nur ganz winzige, dunkler erscheinende Perlitfädchen in der von Ferrit gebildeten hellen Grundmasse; siehe Fig. 94, Taf. VII. Es läßt sich hieraus auf einen äußerst niedrigen Kohlenstoffgehalt des Materials schließen. Gleichzeitig erscheinen im Gesichtsfeld zahlreiche kleine in der Walzrichtung gestreckte Schlackeneinschlüsse.

Die Probe unterlag 12 Minuten einer Aetzung durch Kupferammonchloridlösung 1 : 12. Die Wirkung wird veranschaulicht durch Fig. 96 und 97, Taf. VII. Das Lichtbild ist an einer anderen Stelle, als der in Fig. 94, Taf. VII abgebildeten, entnommen. Es fallen hierbei sofort tiefdunkle Körner auf, welche zusammen mit weniger dunklen und hellen das Gefüge des Materials bilden. Sie können dem obigen mikroskopischen Befund nach dem Aetzpoliren entsprechend nur Ferritkörner sein. Die winzigen Perlitfädchen sind nach der starken Aetzung nicht mehr ohne Weiteres zu ermitteln.

Während nun die z. B. in Fig. 42 und 43, Taf. IV abgebildeten dunklen Ferritkörner des gegossenen Flußeisens (vgl. Abschnitt II) bereits bei dreihundertfünfundsechszigfacher, noch deutlicher aber bei stärkerer Vergrößerung hell erscheinen und als Ursache für ihre dunkle Farbe bei schwächerer Vergrößerung das besonders geartete Aetzgefüge erkannt wurde, bleiben die dunklen Ferritkörner der vorliegenden Probe selbst bei stärksten Vergrößerungen tiefdunkel, auch dann, wenn das Objekt in einer Ebene senkrecht zur Mikroskopaxe gedreht wird. Das Aetzgefüge ist nur unvollkommen erkennbar und erscheint wie mit einer dunkler gefärbten Masse verschmiert. Die auf Seite 320 herangezogene Erklärung dürfte in diesem Falle allein ohne Zwang nicht mehr genügen. Man muß bereits nach einer anderen, vielleicht chemischen Ursache für die Erscheinung suchen. Vielleicht ist es Härtungskohle, welche in einigen Ferritkörnern auch bei langsamer Abkühlung festgehalten wird, und nach der Aetzung auf der Kornfläche ausgeschieden als dünne Haut zurückbleibt. Es würde dies mit den analytischen Untersuchungen im Einklang stehen, welche selbst bei langsam abgekühltem Eisen noch einen gewissen Bruchtheil des Gesammtkohlenstoffs als Härtungskohle ergeben[1]). Auch der Umstand, daß bereits nach ganz leichtem Anpoliren mit Roth und Süßholzextrakt auf Gummi, wo von einer Erzeugung von Aetzgefüge noch kaum die Rede sein kann, gewisse Körner gelb gefärbt erscheinen, während andere rein weiß bleiben, dürfte obige Vermuthung unterstützen. Zu Gunsten der letzteren spricht schließlich auch die Aehnlichkeit zwischen den dunklen Körnern thatsächlich abgeschreckten weichsten Flußeisens und den in Rede stehenden dunklen Körnern des Walzeisens in Abschnitt III (vgl. Fig. 67, Taf. V: Abgeschrecktes weichstes Flußeisen, geätzt 3 Minuten in einer Lösung von 1 Theil Jod, 2 Theilen Jodkali, 30 Theilen Wasser. Nach der Aetzung Waschung mit Wasser, Eintauchen in Alkohol und in eine Lösung von Canadabalsam in Aether, so daß der ausgeschiedene Kohlenstoff an seinem Platze verblieb). Gewißheit hierin könnte erst dann geschaffen werden, wenn es gelänge, eine Proportionalität zwischen dem analytisch ermittelten Gehalt an Härtungskohle und dem Flächenantheil der dunklen Körner an der Gesammtfläche nachzuweisen.

Zur Abbildung Fig. 97, Taf. VII sind Einzelabbildungen beigegeben in den Fig. 98, 100, 101, 102, 103, Taf. VII. Sie zeigen scharfe Sonderung der einzelnen Körner infolge wirklicher ausgebildeter Grenzlinien und infolge der verschiedenen Form und Lage der Aetzgebilde. Besonders deutlich sind die Aetzgruben ausgeprägt. Sie entsprechen in Form und Lage den das Aetzgefüge ergebenden Aetzfigürchen. Es darf dabei nicht auffallen, daß z. B. in einer gestreiften Fläche ein würfeliger Eindruck erscheint, wie Textfig. t zeigt. Die Streifung verdankt ihre Entstehung der Aneinanderreihung vieler kleiner Aetzfigürchen von würfelartiger Gestalt. Der Vorgang ist vergleichbar dem Auftreten des in Würfeln krystallisirenden Kochsalzes in stänglig- oder fasrig-krystallinen Aggregaten.

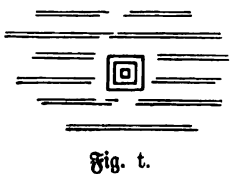


Fig. t.

[1]) Stahl und Eisen 1888, S. 742. Ledebur: Die verschiedenen Kohlenstofformen im Eisen. — Stahl und Eisen 1888, S. 291. Müller: Theorie des Stahls.

Abschnitt IV.

Mittelhartes Flußeisen.

Als Probematerial lag ein Abschnitt eines aus dem Kopf einer Eisenbahnschiene herausgearbeiteten Rundstabes vor. Der Schliff lag senkrecht zur Walzrichtung. Eine bestimmte Stelle wurde durch gekreuzte Linien mit der Reißnadel gekennzeichnet, und die an dieser Stelle während der verschiedenen Aetzperioden erhaltene Gefügeänderung photographisch festgelegt. Die in folgender Beschreibung für die einzelnen Flächenantheile verwendeten Buchstaben entsprechen den in den schematischen Fig. 104 und 105, Taf. VII eingetragenen Bezeichnungen. Es entspricht Fig. 104 dem Beginn, Fig. 105 dem Ende der Tiefätzung.

Nach 1 Minute langer Aetzung der Probe in einer Lösung von 1 Theil Jod in 2 Theilen Jodkalium und 30 Theilen Wasser ergab sich das in den Fig. 110, 106 und 111, Taf. VII dargestellte Bild der üblichen leichten Anätzung. Dunkle Perlitausscheidungen (in Fig. 104, Taf. VII schwarz gezeichnet) liegen in hellem Ferrit zerstreut. Bei schwacher Vergrößerung (Fig. 110, Taf. VII) erscheint letzterer an verschiedenen Stellen dunkel; bei stärkerer Auflösung zeigt sich, daß diese Dunkelfärbung verursacht wird durch ein Aufrauhen der Fläche, welches die Folge zahlreicher in der Entstehung befindlicher unregelmäßiger Aetzfigürchen ist; siehe namentlich Fig. 111, Taf. VII. Auch einige Aetzgruben haben sich bereits gebildet, z. B. eine besonders tiefe an der Stelle, wo sich die Perlitflächen p_6 und p_7 nahezu berühren. Ebenso hat sich rings um den Schlackeneinschluß unterhalb p_1 eine unregelmäßige Aetzgrube gebildet, welche als dunkler Hof rings um das Schlackenkorn erscheint. Der Ferrit bildet ein ununterbrochenes Netzwerk, welches die Perlitflächen einhüllt. Eine Korntheilung in der Ferritmasse ist nicht erkennbar. Es wurde nun zur Tiefätzung mittelst Kupferammonchloridlösung 1 : 12 geschritten.

Aetzung 5 Minuten. Das in Fig. 107, Taf. VII dargestellte Gefügebild erscheint in der Photographie verworren, ist aber im Mikroskop klar und deutlich zu verfolgen. Der Perlit hat im Allgemeinen Form und Lage beibehalten; p_1 ist unverändert geblieben; p_6 wird durch Ferrit in zwei Theile gespalten, während andererseits zwischen den oberen Theilen von p_6 und p_7 eine Verbindung stattfindet. An einem noch erhaltenen und weil vom Aetzmittel nicht angegriffen, hervorstehenden Schlackenkorn konnte durch Messung ungefähr festgestellt werden, daß eine Schicht von etwa 2—2,5 μ von der Oberfläche durch die Aetzung entfernt worden ist. Die Fig. 107, Taf. VII entspricht also einem um diesen Betrag unterhalb der ursprünglichen Schliffebene liegenden Schnitt, wodurch sich die Veränderungen in der Perlitvertheilung ohne Weiteres erklären. Das Aetzgefüge im Ferrit ist bereits erkennbar. An einigen Stellen erscheint der Ferrit dunkler, eine scharfe Abgrenzung gegen die helleren Flächen ist aber noch nicht erfolgt. Einzelne Korngrenzen tauchen bereits im Ferritnetz auf.

Aetzung 10 Minuten; siehe Fig. 108, Taf. VII. Die photographische Wiedergabe ist dadurch erschwert, daß die einzelnen Gefügeelemente nicht mehr in gleicher Ebene liegen. Der etwas in Relief hervorstehende Perlit ist daher in Fig. 108, Taf. VII nicht scharf abgebildet. Seine Vertheilung und Form entspricht der in Fig. 107, Taf. VII. Neu treten zum Gefügebild hinzu scharf abgegrenzte dunkle, in Schema Fig. 105, Taf. VII mit a b c d e g bezeichnete Flächen, welche sich von dem ebenfalls dunklen Perlit durch ihre tiefere Lage unterscheiden. Das Aetzgefüge im Ferrit hat sich weiter entwickelt, ebenso ist die Kornabgrenzung innerhalb des Ferrits schärfer geworden. Es war leider nicht mehr möglich, die Gesammtdicke der durch die bisherige Aetzung entnommenen Oberflächenschicht zu messen, da die als Maßstäbe benutzten

Schlackentheilchen im ganzen Gesichtsfeld durch das Einfressen des Aetzmittels gelockert und wahrscheinlich herausgefallen waren.

Aetzung 15 Minuten. Das der Fig. 109, Taf. VII entsprechende Aetzbild ist wieder klar geworden, nur ist aus bereits oben angegebenen Gründen der Perlit, in dessen Vertheilung sich nichts merklich geändert hat, unscharf wiedergegeben. Die Ferritflächen (in Schema Fig. 105, Taf. VII mit f_1—f_{13} bezeichnet) haben ausgezeichnetes Aetzgefüge erhalten. Viele Aetzgruben sind in regelmäßiger Ausbildung hervorgetreten. Im Perlit selbst zeigen sich die Aetzgruben nicht, dafür aber häufig an der Grenze zwischen Perlit und Ferrit. — Es handelt sich nun um die Deutung der dunklen Flächen a b c d e g, deren Färbung diejenige des Perlits stark übertrifft. Von letzterem unterscheiden sie sich wie früher durch ihre tiefere Lage. Sie treten an Stellen auf, wo früher (siehe Fig. 106, Taf. VII) Ferritflächen lagen. Wollte man sie zum Perlit rechnen, so würde sich der Flächenantheil desselben nahezu verdoppeln. Es ist hierfür aber kein zwingender Grund vorhanden. Die Uebereinstimmung in Farbe und Aufbau mit den in Fig. 97, 98, 100, 101, 102, 103, Taf. VII wiedergegebenen Abbildungen der dunklen Ferritflächen des gewalzten weichsten Flußeisens legt es nahe, daß auch die Flächen a b c d e g zum Ferrit zu rechnen sind. Es gilt dann zur Erklärung der Dunkelfärbung das auf Seite 324 Gesagte. Selbst bei stärkster Vergrößerung ist eine vollkommene Auflösung des Aetzgefüges dieser Flächen unmöglich. Die dunkle Färbung bleibt auch dann noch bestehen. Das Aetzgefüge erscheint unscharf wie durch eine färbende Haut verdeckt; vgl. Abbildung von c in Fig. 117, Taf. VIII. Zu der tiefer gelegenen Fläche c führt von der Umgebung eine sanfte Böschung hinab (oben in Fig. 117 hell erscheinend). Diese zeigt keine Färbung, aber stängliges Aetzgefüge. Auch die dunkle Fläche c selbst erscheint wie aus Blättern aufgebaut. Ob die Böschungsfläche nun zur Umgebung gehört, oder zur Fläche c, also auch deren Aetzgefüge in einer geneigten Fläche wiedergiebt, läßt sich nicht ganz sicher entscheiden. Wahrscheinlicher kommt mir der letztere Fall vor. Es würde, wenn sich dies thatsächlich herausstellen sollte, ein Umstand vorliegen, der gegen die auf Seite 324 versuchte Erklärung sprechen würde; denn es wäre dann nicht ersichtlich, warum die Dunkelfärbung, also Kohlenstoffausscheidung, nicht ebensogut auf der Böschungsfläche erfolgen sollte, als auf der Kopffläche der Blätter. — Das Aetzgefüge des Perlits p_1 ist nach Beendigung der Tiefätzung wiedergegeben in Fig. 112, Taf. VII. Die Abgrenzung des Ferrits in einzelne Körner ist scharf; auch die verschiedene Gestalt und Lage der Aetzfiguren auf den benachbarten Kornflächen läßt eine deutliche Unterscheidung zu. Die in die Augen fallenden Korngrenzen sind in Schema Fig. 105, Taf. VII eingezeichnet. Darin sind die oben besprochenen dunklen Flächen durch Schraffur hervorgehoben. — Die Einzelheiten der verschiedenen Ferritflächen sind in größerem Maßstabe in den Fig. 113, 114, 115, Taf. VII und Fig. 116, 118, 119, Taf. VIII wiedergegeben. Hierzu sind immer nur die unten näher bezeichneten Flächen scharf abgebildet, da bei der starken Vergrößerung schon verhältnißmäßig geringfügige Höhenunterschiede ins Gewicht fallen.

Fig. 116, Taf. VIII stellt Ferritkorn f_1 dar. Die in Textfig. u_1 schematisch wiedergegebenen Aetzfigürchen werden z. Th. so lang gestreckt, daß das Aetzgefüge in Streifung übergeht[1]).

[1]) Die in Wirklichkeit vertieften Aetzfiguren erscheinen in allen Lichtbildern wie erhöht, was durch die umkehrende Wirkung des Mikroskops erklärt werden kann. Zur bequemeren Beurtheilung von Höhen und Tiefen sind die Lichtbilder auf den Tafeln, soweit als irgendwie angängig, so eingeordnet, daß das einfallende Licht von links zu denken ist. Vertiefte Stellen müssen also links Schattenkante, rechts Lichtkante zeigen und umgekehrt.

Das Aetzgefüge auf f_6 und f_7 (siehe Fig. 114, Taf. VII) ist schwer zu deuten. Aus der einen, gut ausgebildeten Aetzgrube kann man auf die in Textfig. u_4 gezeichnete Form der Aetzfiguren schließen. — Eine sehr regelmäßige Ausbildung des Aetzgefüges zeigt f_8 in Fig. 113, Taf. VII. In zart abgestufter Grundfläche liegen deutlich quadratische Aetzgruben mit scharfer Umgrenzung und z. Th. treppenförmigem Aufbau. — f_{13} (siehe Fig. 118 und 119, Taf. VIII) liegt tiefer als der umliegende Perlit. Eine sanfte Böschung führt von letzterem hinab. Andeutung blättrigen Aufbaus ist erkennbar.

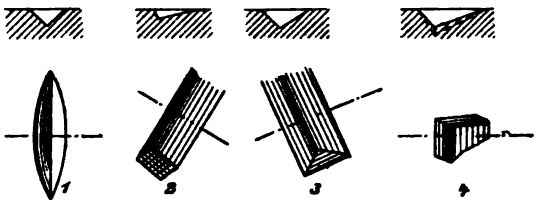


Fig. u.

In Fig. 115, Taf. VII erscheinen die Ferritkörner f_2, f_3 und f_4 (ein Ferritkorn rechts oben von f_3 und f_4 ist irrthümlicher Weise in Schema Fig. 105, Taf. VII nicht abgegrenzt worden, stellt sich aber in der That als ein selbstständiges Korn dar). Das Aetzgefüge von f_2 bietet wenig Eigenartiges; feine Blätter, durch zarte, unvollkommene Abstufungen gebildet, durchziehen die Fläche. Die Aetzfiguren in f_3 und f_4 sind in Textfig. u_2 bezw. u_3 schematisch zur Wiedergabe gelangt. Die Streckrichtungen der Aetzfiguren in f_3 und f_4 stehen nahezu senkrecht aufeinander. Beachtenswerth ist der Unterschied in der Ausbildungsweise der im Entstehen begriffenen Aetzfigürchen in Fig. 111, Taf. VII und der vollkommen ausgebildeten Aetzfiguren in Fig. 115, Taf. VII auf den Flächen f_3 und f_4. Der Unterschied ist begründet in der Verschiedenheit der Aetzmittel und in deren verschieden langer Einwirkungsdauer. Er bildet einen Beweis dafür, daß der stänglige Aufbau in Fig. 115, Taf. VII *nicht in den Ferritkrystallen bereits vorgebildet*, sondern erst *eine Folge der Tiefätzung* ist. Die Ferritkörner sind demnach *nicht als krystalline Aggregate*, sondern als *homogene Krystalle* zu betrachten. Der Begriff Krystall darf dann freilich nicht so eng aufgefaßt werden, wie es *Stead* thut, indem er angiebt: „Die charakteristische Eigenschaft der Krystalle, welche sie von bloßen geometrischen Körpern unterscheidet, ist die Unveränderlichkeit der Kantenwinkel zwischen den entsprechenden Flächen verschiedener Individuen derselben Substanz." Man könnte damit manchem thatsächlichen Krystall Unrecht thun, der das Unglück gehabt hat, in der Entwickelung seiner Flächen irgendwie beeinträchtigt worden zu sein. Als maßgebender Unterschied zwischen Krystall und bloßem geometrischen Körper muß vielmehr die *Ursache* der Unveränderlichkeit der Kantenwinkel hingestellt werden und dies ist *der gesetzmäßige geometrische Aufbau aus seinen kleinsten Theilchen*, die sich von dem Wachsthumskern aus mit einer für jede Richtung genau bestimmten Geschwindigkeit ansetzen. — Dieser gesetzmäßige Aufbau des Krystalls muß sich dann bei seiner Zerstörung durch geeignete Lösungsmittel wieder erkennbar machen, indem dann auch der Wirkung des Lösungsmittels nach verschiedenen Richtungen hin verschiedene Widerstände entgegengesetzt werden. — Wenn ein Kochsalzwürfel gebildet wird, so muß sich vom Kern 1 aus das Wachsthum in der Richtung AB z. B. schneller vollziehen, als in der Richtung CD, und in jeder zwischenliegenden Richtung EF muß die Geschwindigkeit des Wachsthums eine Funktion des Richtungswinkels φ sein (Textfig. v). Durch dieses regelmäßige Wachsthum wird die Unveränderlichkeit der Kantenwinkel des fertigen

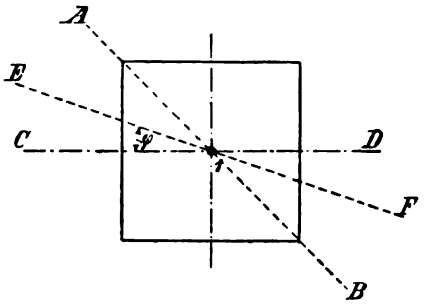


Fig. v.

Krystalls, wie überhaupt die ganze Eigenart des Krystalls bedingt. Wird nun umgekehrt durch ein Lösungsmittel die allmähliche Zerstörung des Krystalls eingeleitet, so ist es mehr als wahrscheinlich, daß nun auch die Angriffsgeschwindigkeit des Lösungsmittels eine Funktion von φ, gleichzeitig aber auch eine Funktion der Art des Lösungsmittels selbst ist. Es offenbart sich dies einmal in den Aetzfiguren, andererseits in der Gestalt des Körpers, welcher nach längerer Aetzung eines Krystalls oder Krystallbruchstücks, oder eines beliebigen aus einem Krystall durch Anschleifen erhaltenen geometrischen Gebildes zurückbleibt[1]). Man hat auf diese Weise ein Mittel in der Hand, festzustellen, ob irgend ein Bruchstück eines Körpers einem Krystall oder einem Nichtkrystall entstammt, oder ob irgend ein Körper mit unregelmäßig ausgebildeten Flächen und nicht meßbaren Kantenwinkeln ein Krystall ist oder nicht. Bei durchsichtigen Körpern kann dieses Mittel z. Th. durch optische Hilfsmittel ersetzt werden; bei undurchsichtigen Körpern dagegen wird es wohl die Hauptrolle in diesem Falle spielen müssen.

Abschnitt V.

Ein geschmiedeter Tiegelstahl mit etwa 0,25—0,30 % Kohlenstoff und dem beträchtlichen Mangangehalt von 0,9—1 % wurde eingehend untersucht, zeigte aber gegenüber den bisherigen Ergebnissen bei der Tiefätzung nichts grundsätzlich Neues. Letztere erfolgte 23 Minuten mit Kupferammonchloridlösung 1 : 30. Als charakteristisch für die Natur der Aetzfiguren soll Abbildung Fig. 120, Taf. VIII hier beigefügt werden. Auf der Grenze zweier scharf getrennter Ferritkörner ist eine Aetzgrube entstanden, welche sich zu beiden Seiten der Korngrenze verschieden, und zwar den Symmetrieverhältnissen der beiden Körner entsprechend, entwickelt hat.

Fig. 121, Taf. VIII zeigt zwei Ferritkörner, die nach Art der Verwachsungszwillinge einander regelrecht durchdringen, und die auch in ihren äußeren Umrissen den Charakter von Krystallen verrathen.

Abschnitt VI.

Die Ursachen zur Entstehung von Aetzfiguren wurden, wie bereits auseinandergesetzt, in der verschiedenen Widerstandsfähigkeit gesucht, welche die Masse eines krystallisirten Körpers der Einwirkung eines Aetzmittels in verschiedenen Richtungen entgegensetzt. Hat man nun einen Krystall vor sich, der vollkommen regelmäßig, ohne jede Unterbrechung seiner Materie und ohne irgend welchen Beanspruchungen ausgesetzt gewesen zu sein, aufgewachsen ist — und setzt man diesen der Wirkung eines ohne jede Nebenerscheinung wirkenden Aetzmittels aus — so müssen auf ein und derselben Fläche die Aetzfiguren in Bezug auf Gestalt, Größe und Lage vollkommen gleichwerthig und regelmäßig ausgebildet sein. Beide idealen Voraussetzungen werden nun wohl gleichzeitig kaum je erfüllt werden, und jede Abweichung davon bedingt die Entstehung eines unregelmäßigen, z. Th. nicht zu entziffernden Aetzgefüges oder von besonders bevorzugten Aetzfiguren, Aetzgruben oder Aetzfurchen. Faßt man nun die hier in Betracht kommenden möglichen Ursachen näher ins Auge, so lassen sie sich folgendermaßen einordnen.

1. Ursachen, welche auf die Wirkungsweise des Aetzmittels zurückzuführen sind.

a) Die in Folge der Einwirkung des Aetzmittels auf die Krystallmasse gebildete chemische Verbindung ist im Ueberschuß des Aetzmittels nicht genügend leicht löslich, z. B. bei der

[1]) Vgl. die Versuche von O. Meyer mit Kalkspathkugeln: Neues Jahrb. f. Mineralogie 1883, S. 74.

Aetzung von Kalkspath in Schwefelsäure. Der hierbei gebildete Gyps kann unter Umständen nicht schnell genug weggelöst werden und so gewisse Stellen der weiteren Einwirkung des Aetzmittels auf Zeit entziehen.

b) Durch die Einwirkung des Aetzmittels auf den zu ätzenden Körper können Niederschläge gebildet werden, welche unter Umständen eine ähnliche Wirkung auszuüben vermögen; namentlich wenn der gebildete Niederschlag nicht gleichmäßig auf der Fläche haftet; z. B. Aetzung von Eisen in verdünnter Schwefelsäure und wiederholte Berührung des nicht genügend gewaschenen Schliffs mit der atmosphärischen Luft; durch Oxydation entstehen basische Eisensalze, welche bei weiterer Aetzung hinderlich sind.

c) Es entsteht eine Gasentwicklung in Folge der Einwirkung des Aetzmittels auf den zu ätzenden Körper. Die Gasbläschen können eine Zeit lang an der geätzten Fläche haften bleiben und die betreffende Stelle vor Weiterätzung schützen.

d) Auch Koncentrationsänderungen im Aetzmittel können unter Umständen eine Rolle spielen. An der geätzten Fläche wird sich das Lösungsmittel mit dem gelösten Körper sättigen; es werden dadurch in der Aetzflüssigkeit Strömungen entstehen können, und zwar besonders am Umfange des zu ätzenden Körpers. Dort kann die gesättigte Lösung ihrer größeren Schwere entsprechend [1]) leichter nach unten sinken, neue, noch ungesättigte Theilchen der Aetzflüssigkeit treten an ihre Stelle; die Folge ist, daß eine lebhaftere Lösung nahe am Umfang stattfindet, als in der Mitte der Fläche, wo die gesättigte Lösung auf der Oberfläche mehr oder weniger in Ruhe verharrt (vgl. Textfig. w. Daselbst ist die gesättigte Lösung durch Punkte angedeutet). Aehnliche Erscheinungen sind zuweilen besonders lästig, wenn es sich darum handelt, in größeren Eisenschliffen Untersuchungen über die Gleichmäßigkeit des Gefüges anzustellen.

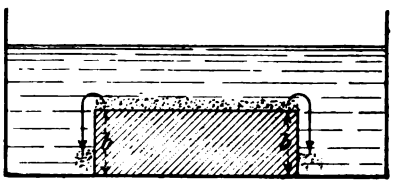


Fig. w.

Lassen sich nun die unter 1. angeführten Ursachen zu Unregelmäßigkeiten in der Hervorrufung des Aetzgefüges durch Wahl geeigneter Aetzmittel und besondere Kunstgriffe mehr oder weniger beheben, so bleibt immer noch die zweite Gruppe zu berücksichtigen.

2. Ursachen, welche auf die Oberflächenbeschaffenheit der zu ätzenden Flächen zurückzuführen sind. Es ist z. B. erwiesen, daß Spaltflächen von Krystallen u. U. auch bei Anwendung eines und desselben Aetzmittels eine andere Ausbildungsart des Aetzgefüges zeigen, als natürliche Krystallflächen und künstlich erzeugte Schliffflächen, selbst wenn alle diese Flächen krystallographisch gleichwerthig sind [2]). Die Oberflächenbeschaffenheit derselben ist eben nie die gleiche; sie stellen alle drei nur mehr oder weniger große Annäherungen an ebene Flächen dar. Wie weit unter Umständen die Unvollkommenheit in der Ausbildung der Spaltungsflächen gehen kann, lehrt z. B. Fig. 99, Taf. VII, welche die Spaltungsfläche eines Eisenspathkrystalls wiedergiebt. Außer den vielerlei kleineren, ziemlich alle parallel gerichteten Rauhheiten liegt in der Fläche eine ganz bedeutende Vertiefung (in der Abbildung schwarz erscheinend), welche einen unleugbaren Zusammenhang mit den Symmetrieverhältnissen des Krystalls verräth. Die Vertiefung zeigt am Grunde regelmäßige scharfe Kanten; der tiefste Punkt derselben liegt etwa 0,05 mm unter der Spaltungsebene. Solche Rauhheiten auf Spalt-

[1]) Vorausgesetzt ist, daß der Umfang bei b durch Polirroth, Hammerschlag, Schmutz u. s. w., wie dies meist bei polirten Schliffen der Fall, gegen das Lösungsmittel verhältnißmäßig geschützt ist.

[2]) Siehe O. Meyer, Neues Jahrbuch für Mineralogie 1883, S. 74.

flächen müssen natürlich einen Einfluß auf das Aetzgefüge ausüben. — Man schreibt zwar im Allgemeinen dem reinen Eisen keine Spaltbarkeit zu; die in Abschnitt I beschriebene und abgebildete Ofensau spricht aber für eine Spaltbarkeit der Ferritkörner, so daß es nicht zu gewagt erscheint, auch die durch Polirroth erhaltene Schlifffläche eines Eisenstückes im Grunde als aus unendlich vielen kleinen Spaltungsflächen zusammengesetzt erscheinen zu lassen. Jedes einzelne Korn von Polirroth reißt bei seiner Fortbewegung kleine Eisentheilchen, die ihm hindernd im Wege stehen, ab; es ist nicht unwahrscheinlich, anzunehmen, daß die Abtrennungsfläche eine winzige Spaltungsfläche vorstellt, die ihrerseits wieder ähnliche, mit den Symmetrieverhältnissen des zugehörigen Eisenkorns im Einklang stehende Vertiefungen aufweisen kann, wie die in Fig. 99, Taf. VII abgebildete Spaltfläche des Eisenspaths. Durch fortgesetzte Einwirkung des sie ausfüllenden Polirroths können diese Vertiefungen erweitert werden, so daß sie schließlich unter dem Mikroskop sichtbar und zwar den Aetzgruben recht ähnlich auftreten in Form kleiner quadratischer Eindrücke, die, meist in Gruppen angeordnet, gleiche Lagerung aufweisen. Zum ersten Mal hat auf diese Erscheinung Martens aufmerksam gemacht in seiner Arbeit: „Untersuchungen über den Einfluß des Hitzegrades beim Auswalzen auf die Festigkeitseigenschaften und das mikroskopische Gefüge von Flußeisenschienen“ [1]). Aus den dort niedergelegten Abbildungen geht ohne Zweifel die Gesetzmäßigkeit in Form und Lage dieser „Polirgrübchen“ hervor, welche auf einen Zusammenhang mit der Krystallisation des Ferrits schließen läßt. Wie Martens in oben angeführter Quelle aussprach, erscheinen diese Polirgrübchen fast ausschließlich im Ferrit, nicht im Perlit. — Zum Theil wird man die Entstehung von Polirgruben auch auf die unter 3. unten angeführten Ursachen zurückzuführen berechtigt sein. — Wird nun eine in obiger Weise vorpolirte Fläche weiter polirt unter Anwendung von Roth und Süßholzextrakt, so wird die Einwirkung des Polirens unterstützt durch die Aetzwirkung des Süßholzextraktes; es entstehen nun thatsächliche, meist recht regelmäßig aufgebaute „Aetzgruben“; siehe z. B. Fig. 95, Taf. VII. Letztere Abbildung ist dem bereits oben in Abschnitt III beschriebenen Flacheisen nach Poliren mit Roth und Süßholz entnommen; sie zeigt Aetzgruben in der Nachbarschaft eines Perliteinschlusses. — Aetzt man nun den Schliff mittelst stärkerer Aetzmittel, so werden die Aetzgruben immer weiter vergrößert. — Der etwaige Gedanke, daß überhaupt sämmtliche Aetzgruben, die bei der Tiefätzung zum Vorschein kommen, lediglich auf die unter 2. angeführten Ursachen zurückzuführen seien, wird dadurch widerlegt, daß bei weitgehender Tiefätzung die zuerst erhaltenen Aetzgruben verschwinden und neuen an anderen Stellen Platz machen, die meist noch regelmäßiger in ihrer Ausbildung sind. Es ist deswegen unbedingt nothwendig, zur Erklärung der Entstehung von Aetzgruben auch noch

3. Ursachen heranzuziehen, die durch den Aufbau des Krystalls selbst bedingt sind.

a) Die Masse des Krystalls ist unterbrochen durch Einschlüsse fremder Körper: Mutterlauge, Gase, Schlacken u. s. w. An allen solchen Stellen wird der Einwirkung des Aetzmittels eine größere Oberfläche dargeboten; es ist unbedingt nothwendig, daß sich dort Aetzgruben bilden, die je nach Art des Einschlusses sich mehr oder weniger dem allgemeinen Aetzgefüge anpassen.

b) Der natürliche Aufbau des Krystalls ist durch äußere Kräfte während oder nach der Krystallisation gestört worden; ein Fall, welcher namentlich bei solchen Krystallen eintritt, die aus feuerflüssiger Masse, oder, wie beim Eisen, in einem bereits erstarrten Körper von hoher

[1]) Mittheilungen der Königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1896, II, S. 89 ff.

Hitze gebildet worden sind. Durch Zusammenziehung der Masse in Folge der Abkühlung muß eine Verschiebung der kleinsten Theilchen des Krystalls stattfinden. Es kann dann vorkommen, daß das Aetzgefüge selbst auf einer und derselben Fläche eines Krystalls eine gewisse Verschiebung aufweist, wie es z. B. Fig. 1, Taf. III im Korn A an den Aetzlinien erkennen läßt. — Noch mehr muß aber eine Einwirkung auf das Aetzgefüge stattfinden, wenn ein aus Krystallkörnern zusammengesetzter Körper, wie z. B. Eisen, durch starke Beanspruchung bei gewöhnlichen Wärmegraden zum Fließen gebracht wurde; in der Richtung des Fließens muß eine Lockerung in der ursprünglich gleichmäßig zusammenhängenden Masse erfolgen, welche sich bei der Tiefätzung durch zahlreiche, in der Fließrichtung aneinandergereihte Aetzgruben (Aetzfurchen) sichtbar macht. Zum Beweise dessen wurde folgender Versuch angestellt: In einen Abschnitt des unter III näher bezeichneten Flacheisens wurde unter der hydraulischen Presse ein Loch gestoßen. Der Durchmesser der Matrize betrug 20,5 mm, derjenige des Lochstempels 20 mm. Die zum Lochen erforderliche Kraft wurde zu 21,32 t ermittelt. Das Aussehen des Lochputzens, auf welchen die Untersuchung vorläufig beschränkt wurde, erhellt aus Textfig. x. Die Seite, von welcher her der Druck erfolgte, ist durch eine Körnermarke bezeichnet. Der Lochputzen wurde nach dem senkrecht zur Walzrichtung liegenden Durchmesser durchschnitten, polirt und schließlich 4 Minuten in einer Kupferammonchloridlösung 1 : 12 geätzt. Der Querschnitt ist in Textfig. x dargestellt.

Fig. x.

An den Stellen c und c′ zeigt er bei Betrachtung mit bloßem Auge tiefdunkle Färbung, während an den Seiten d und d′ nur dunkle, am Umfang nach oben gerichtete Streifung bemerkbar ist. Die linke Hälfte des Putzens ist in Fig. 122, Taf. VIII in neunzehnfacher Vergrößerung dargestellt. An den in Fig. x mit 1 und 2 bezeichneten Stellen wurden in stärkerer Vergrößerung Einzelabbildungen aufgenommen; siehe Fig. 123 und 124, Taf. VIII. Die erstere entspricht dem Uebergang aus dem stark geflossenen Material in das noch weniger beeinflußte. In letzterem zeigen sich die dunklen Aetzgruben noch einzeln; im ersteren dagegen (siehe Fig. 124) haben sich die Aetzgruben zu parallelen, mit Kupfer gefüllt gebliebenen Aetzfurchen aneinandergereiht.

Das Ergebniß des letzteren Versuchs könnte nach eingehenderem Studium vielleicht zu einem Verfahren führen, um in Eisenkörpern von weniger einfacher Gestalt, welche unter dem Einfluß komplicirterer Kräftesysteme dauernde Formveränderungen erlitten haben, an der Hand der Aetzfurchen die Art der Beanspruchung in den einzelnen Theilen des Körpers zu ermitteln.

---

3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung.

Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary.

Thon als Dichtungsmaterial.

Nach dem Antrage handelte es sich darum, ein in der Nähe von Mainz zu erbauendes Backstein-Siel, dessen Profil aus Fig. 1 ersichtlich ist, durch Umhüllung mit Thon gegen eindringendes Grundwasser zu schützen und durch eine 0,50 m starke bis unter das Straßen-

pflaster hochgeführte Thonwand zu verhindern, daß das auf der Mainseite beträchtlich höher stehende Grundwasser über das Siel hinweg nach der anderen Seite trete und so Ausgleichung suche. Das Siel befindet sich durchschnittlich 30 m vom Mainufer entfernt. Das in Bettung von grobem Kies einzubringende Drainrohr soll den Abfluß des Grundwassers auf der dem Main abgewendeten Seite herbeiführen. Wie sich aus der ganzen Anlage ergiebt, war die Auffindung eines geeigneten Thones als Dichtungsmaterial für den Bestand des Bauwerkes von größter Wichtigkeit. An der dauerhaften Herstellung des Bauwerkes hatte nicht nur die Baubehörde, sondern auch der Bauausführende das größte Interesse und da beide verschiedener Ansicht über die Güte dreier zur Verfügung stehender Thonarten waren, beide aber eine vorzügliche Ausführung des Baues beabsichtigten, sollte die Prüfung der Versuchsanstalt entscheidend sein.

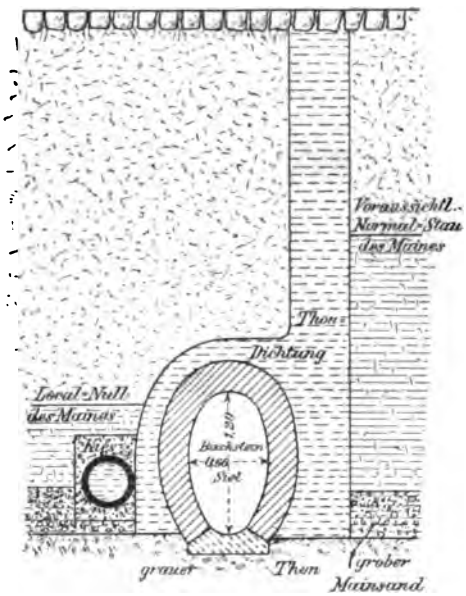


Fig. 1.

Die Konstruktion und Stärke der Thonwand war bestimmt vorgeschrieben. Durch die Versuche sollte also nur festgestellt werden, welche von den drei vorgelegten Thonarten dem beabsichtigten Zweck am vollkommensten entsprach.

Um zu ermitteln, welcher der drei Thone nach dem Einstampfen infolge seiner Zusammensetzung die größte Undurchlässigkeit für Wasser zeigt, wurden aus jedem Thone im Anlieferungszustande je zwei kreisrunde Platten von 80 mm Durchmesser und 30 mm Dicke in Formen gestampft und mit dem gleichen Thon in Metallbüchsen eingekittet, wie Fig. 2 zeigt.

Nachdem die Platten in dem Gehäuse einen Tag gestanden hatten, wurde ein kreisrundes Stück Löschpapier und ein Drahtnetz D aufgelegt und mit Hilfe der Schraube S die Platte fest und dicht gegen die Metallbüchse angepreßt. Der Raum oberhalb der Proben stand mit einem Wasserdruckregulator in Verbindung und wurde mit Wasser gefüllt. Zur Beobachtung des etwa den Thon durchdringenden Wassers wurden die Metallbüchsen auf Glasgefäße gesetzt.

Die so vorbereiteten Platten wurden nun einem steigenden Wasserdruck ausgesetzt.

Die Ergebnisse sind in der Tab. 1 zusammengestellt.

Um ferner zu ermitteln, in wie weit diese Ergebnisse vielleicht durch die Ungleichmäßigkeit der im Anlieferungszustande verwendeten Thone beeinflußt wurden und um die Wasseraufnahmefähigkeit der Thone zu bestimmen, sind die drei Thone auf einem Walzwerk mit einem gleichen Wasserzusatz so lange geknetet worden, bis sie keine streifige Struktur mehr erkennen ließen.

Aus jedem der so bearbeiteten Thone wurde in einer Form eine kreisrunde Platte geknetet, in diese ein mit Theilstrichen versehenes Glasrohr gesteckt, mit Wasser gefüllt (Fig. 3) und in gewissen Zeitabschnitten beobachtet, wie viel Wasser eingezogen war. Die Größe der benetzten Fläche betrug 9,6 qcm, die Höhe der Wassersäule war bei Beginn der Versuche etwa 5 cm.

Tab. 1. Ergebnisse der Prüfung auf Wasserdurchlässigkeit.

Die Größe der benetzten Fläche betrug 21,2 qcm.

Thonsorte	Versuch	Bei 1 Atmosphäre Druck nach 24 Stunden	Bei 1½ Atmosphären Druck nach 48 Stunden	Bei 2 Atmosphären Druck nach 96 Stunden	Bemerkungen
I	1.	dicht	dicht	dicht	Die dem Wasser zugekehrte Seite war wenig erweicht.
	2.				
II	1.	dicht	dicht	wenig Wasser durchgedrungen	Die dem Wasser zugekehrte Seite war schlammig.
	2.			untere Fläche sehr feucht	
III	1.	dicht	dicht	untere Fläche feucht	Die dem Wasser zugekehrte Seite war kaum erweicht, nur an der Oberfläche schlammig.
	2.				

Tab. 2. Ergebnisse der Prüfung auf Wasseraufnahmevermögen.

Thonsorte	Wasseraufnahme in ccm nach Stunden		
	24	48	96
I	2,5	8,0	18,0
II	5,0	11,5	23,0
III	4,0	10,0	22,0

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tab. 2 zusammengefaßt und in Fig. 4 zeichnerisch dargestellt.

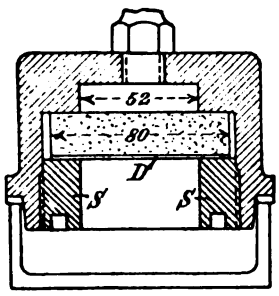


Fig. 2.

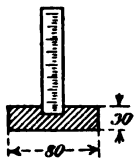


Fig. 3.

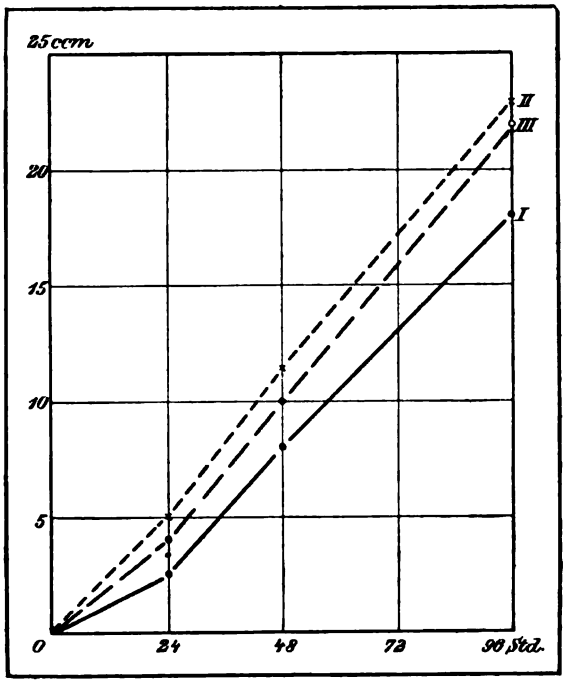


Fig. 4. Wasseraufnahme von 3 Thonsorten.

II. Prüfungen auf mechanische Zusammensetzung und Plasticität.

Da auch die Plasticität der Thone bei ihrer Verwendung bedeutungsvoll werden kann, wurden Versuche auf Schwindung und Ausbreitungsmöglichkeit der Thone vorgenommen.

Um die lineare Schwindung zu messen, wurde aus den drei Thonen im Anlieferungszustande je ein Würfel von 60 mm Seitenlänge und ein Stab von 102 mm Länge und 22,5 mm Seitenlänge des quadratischen Querschnittes gestampft, gemessen und bis zu gleichbleibendem Gewicht getrocknet, um wieder gemessen zu werden. Die Ergebnisse der Messungen im Mittel aus beiden Versuchen enthält Tab. 4.

Tab. 3. **Mechanische Zusammensetzung.**

Thonsorte	Wassergehalt im Anlieferungszustande	Schlämmrückstand	
		%	Beschaffenheit
I	25	8,8	Feiner bis mittelfeiner grauer Sand mit einigen erbsengroßen Mineral- und Gesteinstrümmern; der Sand ist stark vermengt mit Fragmenten von kleinen Muschelschalen und Schneckengehäusen
II	21	0,8	Schmutzig grauer, feinkörniger Sand
III	18	20,0	Fast gleichmäßig feiner, weißer Quarzsand

Tab. 4. **Ergebnisse der Prüfung auf Formänderung.**

Thonsorte	Lineare Schwindung im Mittel %	Kugeln von		
		4 cm Durchmesser	5 cm Durchmesser	6 cm Durchmesser
		bis zur Rißbildung zusammengedrückt auf n Theile des ursprünglichen Durchmessers		
I	8,09	0,65 (2,6 cm)	0,50 (2,5 cm)	0,55 (3,3 cm)
II	4,94	0,80 (3,2 cm)	0,60 (3,0 cm)	0,63 (3,8 cm)
III	6,01	0,83 (3,3 cm)	0,62 (3,1 cm)	0,57 (3,4 cm)

Ferner wurden die auf dem Walzwerk bearbeiteten Thone mit so viel Wasser angefeuchtet, daß sie sich in der Hand ballen und zu Kugeln formen ließen, ohne daß die Thonmasse an der Hand haften blieb. Aus den so vorbereiteten Thonen wurden Kugeln von 45 und 60 mm Durchmesser geformt und langsam zwischen zwei ebenen Holzflächen zusammengedrückt. Die Pressung wurde so lange fortgesetzt, bis sich in dem äußeren Umfange der abgeplatteten Kugeln feine Risse zeigten.

Nach den Ergebnissen der vorstehend angegebenen Versuche erschien der Thon I für den beabsichtigten Zweck am besten geeignet. Das deckte sich, wie der Bauleiter mittheilte, mit der praktischen Erfahrung.

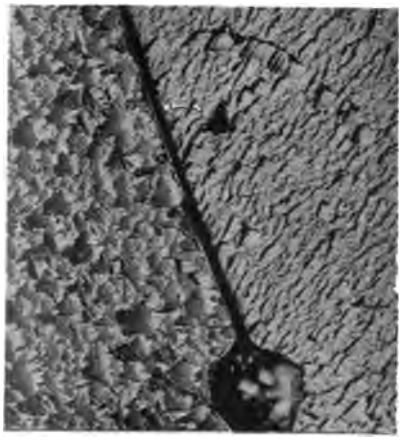
Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

365/1 15. (1891 A)

365/1 16. (1891 B)

365/1 17 (1896)



123/1 18. (2107)

365/1 19. (2131)

665/1 20. (2110)

Verkleinerung durch den Druck 1/1.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

221830

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Erstes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1898.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Ueber die Ursachen der Abweichungen in den Festigkeits-Ergebnissen der Cementprüfung an verschiedenen Orten. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary 1
2. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg. Zeitungsdruckpapiere 87

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Handbuch
der
Materialienkunde
für den
Maschinenbau.

Von

A. Martens,

Professor und Direktor der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin-Charlottenburg.

Erster Theil.

Materialprüfungswesen, Probirmaschinen und Messinstrumente.

Mit 514 in den Text gedruckten Abbildungen und 20 Tafeln.

Unter der Presse.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

K. Württ. Baudirektor,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 18 Tafeln in Lichtdruck.

Dritte, vermehrte Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen
eiserner Fachwerkbrücken.

Eine systematische Darstellung der verschiedenen Arten, ihrer Grösse und ihres Einflusses auf die konstruktive Gestaltung der Brücken.

Von

Fr. Engesser,

Baurath und Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

I. Die Zusatzkräfte.
Mit 58 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 3,—.

II. Die Nebenspannungen.
Mit 137 in den Text gedruckten Abbildungen.
Preis M. 7,—.

Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern

nebst

numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente von 59 bis 25622.

Bearbeitet von

B. Böhm,
Königl. Regierungsbaumeister in Bromberg.

und

E. John,
Königl. Regierungsbaumeister in Köln a. Rh.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen

von

Lüftungs- und Heizungs-Anlagen.

Auf Anregung Seiner Excellenz des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten

verfasst von

H. Rietschel,
Geh. Regierungsrath, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.

Zweite, durchgesehene Auflage.

Zwei Bände.

Mit zahlreichen Textfiguren, Tabellen und 22 lithographirten Tafeln.

In 2 Leinwandbände gebunden Preis M. 8,—.

Färbereichemische Untersuchungen.

Anleitung zur

Untersuchung, Bewerthung und Anwendung

der wichtigsten

Färberei-, Druckerei-, Bleicherei- und Appretur-Artikel.

Von

Dr. Paul Heermann.

Mit Abbildungen auf zwei Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

Das Maschinen-Zeichnen.

Begründung und Veranschaulichung der sachlich nothwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung.

Von

A. Riedler,
Professor an der Königlichen technischen Hochschule zu Berlin.

Mit 256 in den Text gedruckten Figuren. Preis in Leinw. gebunden M. 6,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Hierzu eine Beilage von **Carl Schleicher & Schüll** in Düren (Rheinland) betr. **Filtrirhülsen.**

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Zweites Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1898.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Prüfung eines Drahtseiles von 90 mm Durchmesser auf Zugfestigkeit. Vom Direktor Professor A. Martens 89
2. Prüfung der Hammerapparate, Bauart Böhme. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary 93
3. Die quantitative Bestimmung des Paraffins in Destillaten des Rohpetroleums und des Braunkohlentheers. Vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung, Dr. D. Holde, und Assistenten Dr. L. Allen . . 97
4. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher, Ingenieur M. Gary:
   1. Verwendbarkeit verwitterter Gesteine zu Bauzwecken 113
   2. Prüfung von Trottoirplatten auf Haftvermögen 117

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Drittes Heft.

Mit 2 Tafeln.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1898.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

		Seite
1.	Bekanntmachung	121
2.	Normal-Sande. Vom Vorsteher der Abtheilung für Baumaterialprüfung, Ingenieur M. Gary	121
3.	Die Schäffer'schen Papierversuche. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg	143
4.	Die Flammpunktsbestimmung von hochsiedenden Erdöldestillaten. Vom Direktor Professor A. Martens und vom Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung, Dr. D. Holde	160

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Viertes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Ueber den Einfluß der Wärme, chemischen Zusammensetzung und mechanischen Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer. Vom stellv. Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung, Prof. M. Rudeloff 171
2. Vergleichende Betrachtungen über einige Ergebnisse von Versuchen mit Garnen und Seilen aus Hanf. Von Prof. B. Kirsch in Wien. („Mittheilungen des Technologischen Gewerbe-Museums" 1898) nebst Entgegnung von Prof. M. Rudeloff, stellv. Direktor und Vorsteher der Abtheilung für Metallprüfung 220
3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.
   Ausbildung im Papierprüfen 240
   Hektographenpapier 242

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Fünftes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Prüfung natürlicher Gesteine in den Betriebsjahren 1895/96 bis 1897/98. Vom Abtheilungsvorsteher Ingenieur M. Gary 243

2. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Papierprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Holzfreies Papier 294

Tauenpapier 294

221830

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Sechzehnter Jahrgang: 1898.

Sechstes Heft.

Mit 6 Tafeln.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1898.

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

Seite

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1897/98 . . 295
2. Mikroskopische Untersuchungen an tiefgeätzten Eisenschliffen. Von Ingenieur E. Heyn 310
3. Kleine Mittheilungen aus der Abtheilung für Baumaterialprüfung. Vom Abtheilungsvorsteher Ingenieur M. Gary.

   Thon als Dichtungsmaterial 331

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Vollständig liegt jetzt vor:

Technisches Wörterbuch

in vier Sprachen

von

Eduard Webber.

In 4 Bänden.

I. **Deutsch - Italienisch - Französisch - Englisch.**
II. **Italienisch - Deutsch - Französisch - Englisch.**
III. **Französisch - Italienisch - Deutsch - Englisch.**
IV. **Englisch - Italienisch - Deutsch - Französisch.**

Preis jedes Bandes hübsch und dauerhaft in Leinwand gebunden M. 8,—.

— Jeder Band ist einzeln käuflich. —

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen
empfehlen in bester Ausführung [377]
Sommer & Runge,
Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN SW., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

K. Württ. Baudirektor,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 18 Tafeln in Lichtdruck.

Dritte, vermehrte Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

Fehland's
Ingenieur-Kalender 1899.

Für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

herausgegeben von

Th. Beckert und **A. Pohlhausen.**

XXI. Jahrgang.

In zwei Theilen.

Mit zahlreichen Holzschnitten und einer Eisenbahnkarte.

I. Theil in Leder mit Klappe. — II. Theil geheftet. — Preis zus. M. 3,—.
Brieftaschen-Ausgabe mit Ledertaschen etc. Preis M. 4,—.

Wir empfehlen dieses bewährte und praktische Hülfsbuch allen Maschinen- und Hütten-Ingenieuren angelegentlichst. Der Kalender ist durch alle Buchhandlungen, auf Wunsch auch zur Ansicht, zu beziehen. Um Verwechslungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, bei Bestellungen Herausgeber und Verleger mit anzugeben.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.